

**MŰSZAKI TUDOMÁNY AZ
ÉSZAK-ALFÖLDI RÉGIÓBAN
2009**

**KONFERENCIA
ELŐADÁSAI**

Mezőtúr 2009. május 20.

Szerkesztette:
Pokorádi László

Kiadja:

**Debreceni Akadémiai Bizottság
Műszaki Szakbizottsága**

ISBN 978-963-7064-21-0

Debrecen 2009

A konferencia szervezői:

*Magyar Tudományos Akadémia Debreceni Területi Bizottság (DAB)
Műszaki Szakbizottsága*

és a

Szolnoki Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Fakultása

A Programbizottság tagjai:

Prof. Dr. Pokorádi László – elnök; Dr. Kalmár Ferenc – titkár;

Dr. Bíró István; Dr. Kovács Imre; Nagy Attila;

Prof. Dr. Óvári Gyula; Dr. Sikolya László;

Dr.habil. Szabolcsi Róbert; Dr. Szigeti Ferenc; Dr. Szűcs Péter;

Dr. Varga Emilné dr. Szűcs Edit.

A kiadvány nyomdai megjelenítését a **DKV Debreceni Közlekedési Zártkörűen Működő Részvénytársaság** támogatta.



TARTALOMJEGYZÉK

VERMES PÁL, KARBANTARTÁSI RENDSZEREK VIZSGÁLATA – ELVEK ÉS MÓDSZEREK	1
VARGA GYULA – PÉTER LÁSZLÓ, A KÖRNYEZETKÍMÉLŐ MEGMUNKÁLÁSOK ÁTTEKINTŐ ELEMZÉSE	7
SZŰCS PÉTER – VIRÁG MARGIT, HIDROGEOLOGIAI MODELLEZÉSI VIZSGÁLATOK AZ ÉSZAK ALFÖLDI RÉGIÓBAN	13
POKORÁDI LÁSZLÓ, GEOTERMIKUS REZERVOÁROK MODELLEZÉSE	19
JENEI TÜNDE, GEOTERMIKUS PROJEKTEK MEGVALÓSÍTHATÓSÁGI FELTÉTELEINEK ELEMZÉSE, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A GAZDASÁGI FELTÉTELEKRE	25
HALÁSZ GYÖRGYNÉ, GEOTERMIKUS ENERGIA AZ ENERGIAELLÁTÁSBAN	31
FARKAS FERENC, A BIOHAJTÓANYAGOK SZEREPE A KLÍMAVÁLTOZÁSBAN ÉS AZ ENERGIAGAZDÁLKODÁSBAN	39
BODNÁR ILDIKÓ – FÓRIÁN SÁNDOR, A TERMÁL VÍZ HASZNÁLATÁNAK KÖRNYEZETVÉDELMI VONATKOZÁSAI	47
KULCSÁR BALÁZS, A GEOTERMIKUS ENERGIA ÉS A MEZŐGAZDASÁG VIDÉKFEJLESZTÉSI HATÁSAI	55
CSÁKI IMRE , BELSŐ LEVEGŐ MINŐSÉGE	63
SZABOLCSI RÓBERT, AUTOMATIKUS REPÜLÉSSZABÁLYOZÓ RENDSZEREK ÉRZÉKENYSÉGVIZSGÁLATA	69
LIBOR JÓZSEF, 160 ÉVES TÖRÖKSZENTMIKLÓSON A MEZŐGAZDASÁGI GÉPGYÁRTÁS	77
SZIGETI FERENC – VARGA GYULA – PÉTER LÁSZLÓ – SZÁZVAI ATTILA, FORGÁCSOLÁSI PARAMÉTEREK FÚRÁSI FOLYAMATRA GYAKOROLT HATÁSA KÖRNYEZETBARÁT MEGMUNKÁLÁSOKNÁL	83
HADHÁZY ISTVÁN – KÓSA PÉTER, A SZÁMÍTÁSTECHNIKA ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI A MŰSZAKI ÁBRÁZOLÁS OKTATÁSÁBAN	89
LÁMER GÉZA, AZ ÉPÜLETSZERKEZET ERŐJÁTÉKA: A MODELLEZÉS KÉRDÉSEI	95
BERA JÓZSEF, KÖRNYEZETI ZAJ ÉS HATÁRÉRTÉKEK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSEK	101
BÍRÓ ISTVÁN, AZ EMBERI TÉRD HÁROM-HENGERES KINEMATIKAI MODELLJE	107
LUDÁNYI LAJOS, SZENNYEZETT AKTÍV SZÉN REGENERÁLÁSA MIKROHULLÁMMAL	113
HAGYMÁSSY ZOLTÁN – DR. GINDERT-KELE ÁGNES, FÜGGŐLEGES TENGYELŰ SZÁRVÁGÓ VIZSGÁLATA	119

KOVÁCS ATTILA – DR. VARGA GYULA, A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A GÉPGYÁRTÁSTECHNOLÓGIA TERÜLETÉN	125
GINDERT-KELE ÁGNES – HAGYMÁSSY ZOLTÁN, RÖPÍTŐTÁRCSÁS MŰTRÁGYASZÓRÓ: MODELL ÉS MÉRÉSI EREDMÉNYEK	129
KALMÁR IMRE, A KÜLÖNBÖZŐ MŰSZAKI-TECHNIKAI MEGOLDÁSOKBAN REJLŐ NÖVÉNYVÉDŐ SZER MEGTAKARÍTÁSI LEHETŐSÉGEK KÍSÉRLETI IGAZOLÁSA	135
VICZIÁN CSABA – CSIZMAZIA ZOLTÁN – KOVÁCS IMRE, ÚJ ÉPÍTŐANYAG FEJLESZTÉSE BÚZASZALMA FELHASZNÁLÁSÁVAL	143
ANTAL ELEONÓRA – TELEKES GÁBOR, HÁROMFÁZISÚ TALAJOK VÍZHÁZTARTÁSI GÖRBÉJE	149
MÉSZÁROS ALEXANDRA ÉVA – OLÁH BÉLA, NÉGYZETEK TÉGLALAPBA PAKOLÁSÁNAK ÚJ EREDMÉNYEI	155
SPISÁK ISTVÁN, KÖNNYŰSZERKEZETES ÉPÜLETEK ENERGETIKAI VIZSGÁLATA	161
HÜSE ERIKA - SZÍKI GUSZTÁV ÁRON, STATIKA PÉLDÁK AZ EXCEL OKTATÁSBAN	167
KEREKES ATTILA, ÖSSZETETT ÉPÜLETGÉPÉSZETI RENDSZER GRÁFELMÉLETI VIZSGÁLATA	173
MOLNÁR BOGLÁRKA, GÉPJÁRMŰ FOGYASZTÁS MEGHATÁROZÁSÁNAK BIZONYTALANSÁGA — A FUTOTT KILOMÉTEREK KÉRDÉSE	179
SZABÓ GÁBOR – MANKOVITS TAMÁS, A SHORE-KEMÉNYSÉG ÉS A GUMIALKATRÉSZEK VÉGESELEMES VIZSGÁLATÁNAK KAPCSOLATA	185
LIBOR JÓZSEFNÉ, MEGEMLÉKEZÉS GYÍRES BÉLÁRA SZÜLETÉSÉNEK 100. ÉVFORDULÓJÁN	191
KOCSIS IMRE – TIBA ZSOLT, A GEOTERMIKUS ENERGIA HASZNOSÍTÁSA VILLAMOS ENERGIA TERMELÉSÉRE	195

KARBANTARTÁSI RENDSZEREK VIZSGÁLATA – ELVEK ÉS MÓDSZEREK

VERMES Pál

Szolnoki Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Fakultás
5400 Mezőtúr, Petőfi tér 1., vermes@mfk.hu

KIVONAT

A karbantartás színvonalának, teljesítményének értékelése gyakran felmerülő igény, amelynek a kielégítése számos elvi és gyakorlati, módszertani kérdést vet fel. A karbantartás rendszerszemléletű felfogásából kiindulva szükségesnek látszik az elemzési módszerek áttekintése, az egyes megoldások alkalmazhatóságának megítélése. Mivel a karbantartás összetett tevékenység, értékelése is komplex szemléletet és több szempont szerinti együttes értékelést kíván. Egyes módszerek kisebb-nagyobb módosítást, esetleg új szempontrendszer kialakítását igénylik. Az alkalmasan megválasztott módszerek megoldhatják a karbantartási tevékenység összehasonlítását saját vagy más karbantartási szervezettel, elsősorban a karbantartás fejlesztése céljából.

Kulcsszavak: karbantartás, karbantartás-elemzés, módszerek

1. BEVEZETÉS

A karbantartás – mint a termelőeszközök funkcióképességének megőrzője és újrateremtője – **fontossága** különösen érzékelhető, ha a kapcsolataira és problémáira gondolunk: a termelésre (kiesések), a minőségre (selejt), a környezetvédelemre (hulladékok és kezelésük), az energiafelhasználásra (veszteségek).

A karbantartás megítélése, minősítése és a reális alapokon nyugvó fejlesztése mind a karbantartás, mind pedig a cég menedzsmentje számára fontos.

Az értékelés megfelelő elvi alapokon nyugvó, a gyakorlatban igazoltan használható, megalapozott módszer(ek) birtokában végezhető el. Miként azt látni fogjuk, többféle módszer ismert és alkalmazható, de mégsem mondhatjuk, hogy a problémakör elméleti és gyakorlati (módszertani) oldala kidolgozott.

Az értékelés alapja a **karbantartás vizsgálata**, ennek igénye felmerül, ha karbantartásunkat kívánjuk megítélni (például a korábbi állapotához képest), vagy egy másik cég karbantartásával kívánjuk összehasonlítani (benchmarking). Mindkét vizsgálati cél a karbantartás **fejlesztéséhez** nyújthat támpontot.

A karbantartás vizsgálata lényegében a **karbantartási rendszer** minősítését, értékelését jelenti.

2. A KARBANTARTÁSI RENDSZER ÉS ÖSSZETEVŐI

Egy adott cég karbantartási stratégiájának megvalósulását lényegében a karbantartási rendszer létrehozása és működtetése jelenti, amely kiterjedhet a cég teljes termelőrendszerére, vagy annak meghatározott, viszonylag elkülönült részére. A **karbantartási rendszer** egyfajta (gyakorlati) megközelítésben a karbantartáshoz szükséges **erőforrások** (eszközök, anyagok, munkaerő, információ, pénz, stb.) műszaki-szervezési **dokumentációk**, valamint az adott géppark funkcióképessége fenntartásához szükséges **intézkedések rendjére** (jellegére, időpontjára, gyakoriságára, stb.) vo-

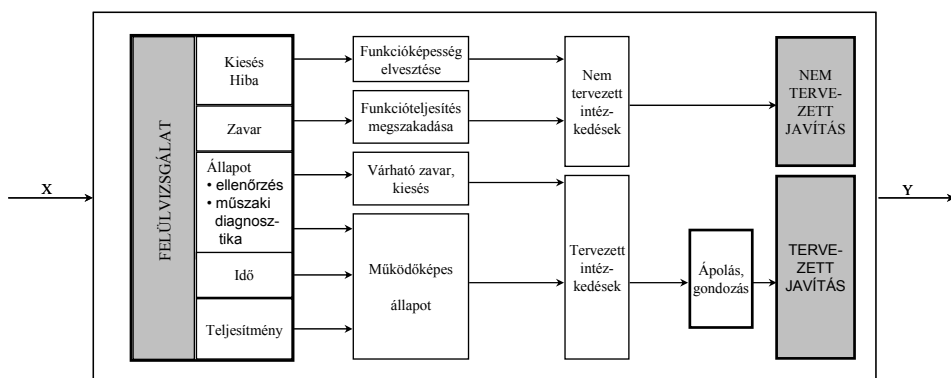
natkozó, a stratégiai elgondolások megvalósítását jelentő tervek összessége (**1. ábra**).



1. ábra A karbantartási rendszer összetevői

Az összetevők közül a **karbantartási erőforrások** különös figyelmet érdemelnek. Létrehozható egy E(erőforrás) – F(felhasználás) mátrix, amelyben az erőforrásoknak a folyamatokkal és a menedzsment-feladatokkal feltárt kapcsolata alapján elvileg az összes karbantartási feladat elhelyezhető. [1]

A karbantartási **intézkedésekre** vonatkozó elgondolások, **tervek** az intézkedések rendszerének, összefüggéseiknek ismeretén alapulhatnak, amely nem nélkülözheti a rendszerszemléletet. Az ismert karbantartási intézkedések és események jelennek meg a **2. ábra** szerinti input-output modellben.



2. ábra A karbantartás intézkedéseinek rendszere [2]

3. VIZSGÁLAT LÉPÉSEI

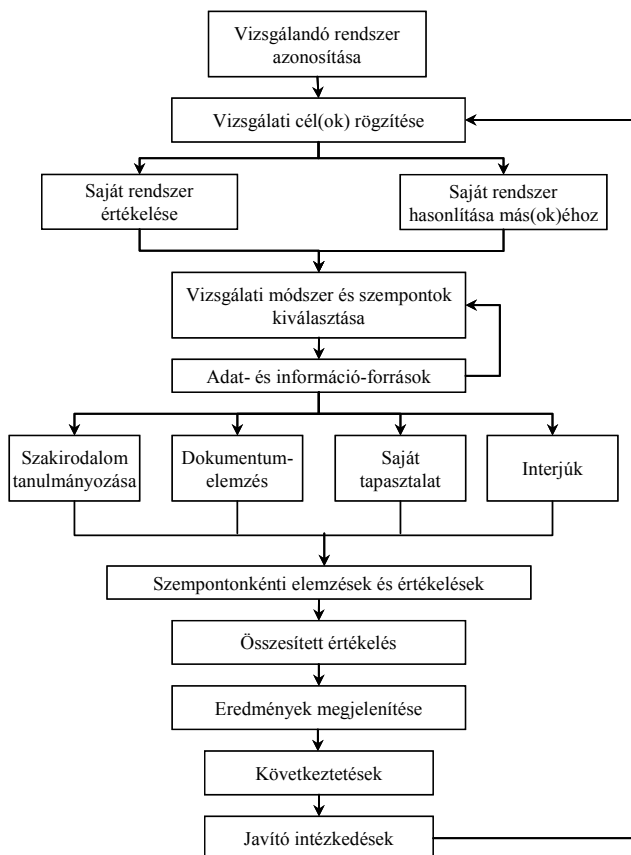
A karbantartási rendszer vizsgálata meglehetősen összetett, sokrétű feladatokat jelent, amelynek a lépéseit a **3. ábrán** kísérhetjük nyomon.

A vizsgálni kívánt karbantartási rendszer meghatározása után a **cél** lényegében attól függ, hogy a saját karbantartást akarjuk például a korábbi önmagával összehasonlítani (fejlődött-e?), vagy lényegében benchmarking keretében karbantartásunkat más, hasonló jellegű karbantartó szervezet tevékenységével kívánjuk összevetni.

A céleléréshez szükséges **vizsgálati módszerek** és **szempontok** kiválasztásának és későbbi alkalmazásának egyik fontos feltétele a megfelelő **adatok és információk** rendelkezésre állása, vagy megszerezhetősége. Az ezekhez való hozzájárítás legfonto-

sabb módjai, forrásai:

a) A **szakirodalom** (könyvek, szakcikkek, tanulmányok, kutatási jelentések, céginformációk, stb.) közvetlenül felhasználható vagy adaptálható információkat és konkrét adatokat is nyújthat. Gondot jelenthet, hogy a közölt adatok ténylegesen milyen tartalmúak.



3. ábra A karbantartási rendszer vizsgálatának folyamata

b) Általában **dokumentumelemzést** kell végezni a karbantartási (rész)folyamatok és eredményeik tekintetében. Ezek lehetnek fellelhető műszaki-tervezési jellegű, a géppel együtt vásárolt, vagy saját készítésű anyagok, leírások; karbantartástechnológiai utasítások; szerelési, felújítási, hibafelvételi utasítások, stb., illetve a cég tervezési, végrehajtási, értékelési rendszeréhez igazodó különféle dokumentumok (pl. karbantartási tervek, nyilvántartások, elvégzett karbantartási feladatok azonosítása (időpont, terjedelem, gyakoriság, ráfordítások analitikusan is – pl. gépenkénti bér- és anyag-alkatrész költségek). A dokumentumok másik része a szakemberek, vezetők által készített rendszeres vagy eseti szakmai anyagok (jelentések, fejlesztési tervek, időszaki értékelések, stb.).

c) Hasznos lehet a **saját tapasztalat** a karbantartási tevékenységek egészére vagy meghatározott részeire. Egyes karbantartási intézkedések, események megfigyelése

célzottan, akár folyamatosan, és/vagy véletlenszerűen történhet, tényszerűségre, objektivitásra törekedve.

d) Az **interjúk** eredményeiből a szakmailag kompetens személyektől (a tevékenységeket végzőktől és irányítóktól) lehet mértékadó információkhoz (pl. adatokhoz, megalapozott becslésekhez) jutni. Az interjú formáját (kérdőív, csoportos beszélgetés, stb.) az adottságok, a célszerűség határozza meg.

A karbantartási rendszer előbbieken rögzített **szempontjai** (értékelési kritériumai) **szerint** részletes **elemzések, értékelések** készülnek műszaki, szervezési, gazdasági jellegű nézőpontból. Ha a választott, alkalmazott módszer lehetővé teszi, **összesített értékelés** készülhet a karbantartási rendszer egészének minősítéséhez.

Az **eredmények megjelenítésének** számos technikája alkalmazható, pl. az értékpil, sugársor analízis, speciális diagramok. A vizsgálat értékelése nyilvánvalóvá teszi a karbantartási rendszer gyengeségeit, amelyek javító-**korszerűsítő intézkedésekkel** kiküszöbölhetők vagy mérsékelhetők. Az intézkedések hatásainak megítélését egy következő időszakban megismételt vizsgálat alapján végezhetjük el.

4. A VIZSGÁLAT SORÁN ALKALMAZHATÓ MÓDSZEREK

A vizsgálat előbb vázolt általános lépései közül – az eredmények értelmezése és értékelése szempontjából is – a legfontosabb a **vizsgálati módszer megválasztása**.

A szakirodalomban számos módszer ismert, amelyek a karbantartást átfogóan, vagy egy-egy intézkedését, részfolyamatát igyekeznek minősíteni. A kitűzött céllal összhangban ezúttal csak azokat a módszereket vázoljuk, amelyek a **karbantartás egészét** képesek valamilyen szinten megítélni. Ezeket a módszereket két nagy csoportba (mutatószámokon alapuló, ill. a karbantartást komplex rendszerként kezelő módszerek) soroltuk (**4. ábra**), feltüntetve a módszereket támogató elemzési-megjelenítési technikákat is. A módszerekhez néhány megjegyzés:

a) **Egyedi mutatószám**on a karbantartást egy oldalról jellemző abszolút vagy relatív mutatót értünk, amelyből szinte számtalan meghatározható.

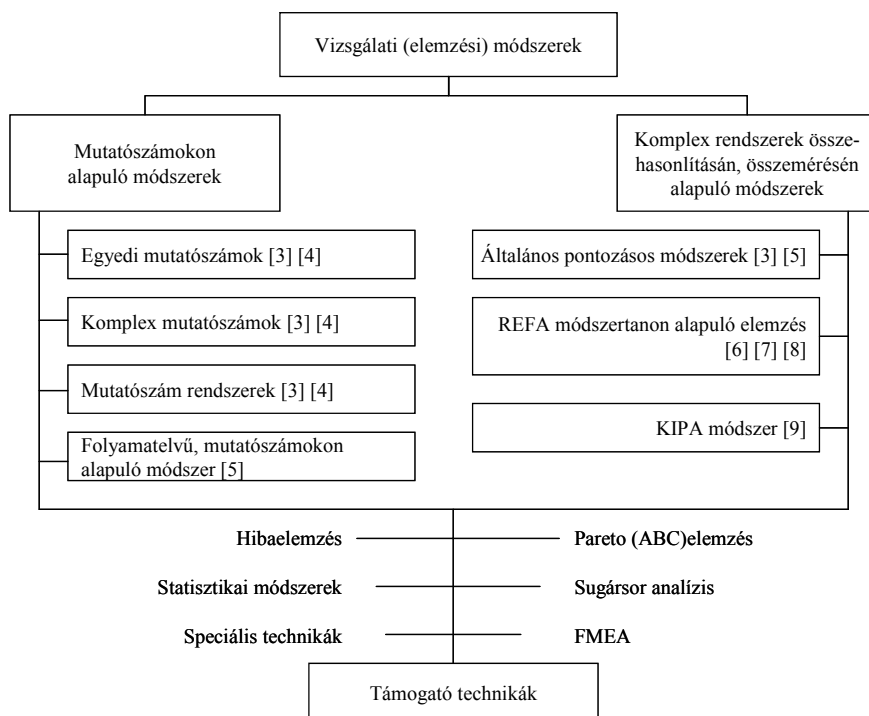
b) A **mutatószám rendszerek** akár több tíz egyedi mutatóból állhatnak. Egy-egy szempontból képet kapunk a karbantartásról, de megoldatlan az egyedi mutatók együttes értékelése.

c) A **komplex mutatószámok** alkalmazására törekvés érződik, számos modellt alkottak (pl.: Corder-képlet, Brožek-féle összefüggés, OEE, készenléti tényező, stb.), alkalmazásuk korlátai a figyelembe vett tényezőkből fakadnak. Alkalmazásuk inkább idősoros vizsgálatoknál ajánlható.

d) A **folyamatszemplétű**, mutatószámokon alapuló **módszer** [5] jelentős lépést jelent a komplexitás felé. A célok, bemenetek, folyamatok, kimenetek elemeit (összesen 18 féle) mutatót kezel. Ezek mindegyike százalékban is kifejezett relatív mutató, amelyekhez egy adott időszakra (pl. egy évre) vonatkozó mindössze 23 féle adatra van szükség. Az eddigi alkalmazási tapasztalatok a használhatóságot igazolják, de gond az adatok rendelkezésre állása [10] [11].

e) A **REFA módszertanon** alapuló módszer a karbantartás értékelését a munkarendszer hét feltétele és ezeken belüli 55-71 féle kérdésre adott válaszok alapján értékeli, és 1-5-ig terjedő pontszámokkal minősítik [6] [7]. Az alaplómódszer számos – itt

nem részletezett – alkalmazási és értékelési problémával terhelt, ezért foglalkoztunk a módszer fejlesztésével. Kialakítottunk a REFA módszertanhoz igazodó pontozásos karbantartás-értékelő (KÉP-)módszert, amely egyértelműbb szempontokkal, súlyozó-pontozó eljárással és a rendszer egészének megítélésére is lehetőséget adó összegzésre is alkalmas [8].



4. ábra Karbantartás-elemzési módszerek

5. RÖVID KÖVETKEZTETÉSEK

Az eddigi szakmai, és a módszerek alkalmazását felvállaló szakdolgozatok [12] [13] [14] tapasztalatai mutatják, hogy szükséges a karbantartás minél objektívebb megítélése. Ugyanakkor el kell érni, hogy a módszerek fejlesztése során olyan értékelő szempontok kapjanak helyet a vizsgálat rendszerében, amelyek alkalmasak a karbantartás termelőrendszerre gyakorolt hatásának figyelembevételére, vagyis a karbantartás és a termelés együttes értékelésére.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Vermes P.: Erőforrásmenedzsment a karbantartásban. In: Országos Karbantartási és Munkabiztonsági Konferencia (OKAMBIK), GTE, Pécs, 2005. 1-9. p.
- [2] Vermes P.: Alapelvek a karbantartás-szervezésben. Országos Karbantartási és Munkabiztonsági Konferencia (OKAMBIK), GTE, 2006. Nyíregyháza, 1-17. p.

- [3] Vermes P. – Herbály L. – Vas F.: Üzemfenntartás. GATE MFK, Mezőtúr, jegyzet
- [4] Baumann, S.: Kennzahlssysteme – Aufbau leicht gemacht?! In: VDI Berichte, 2002. 1650. sz. p. 35-44. Mutatószám-rendszer kialakítása az üzemfenntartáshoz. In: MIÜF, 2002. 12. sz. 11-21. p.
- [5] Libor J. – Vermes P.: A karbantartási rendszer elemzése, mint a karbantartásmenedzsment eszköze. In: Karbantartás és diagnosztika, A.A. Stádium Kft. Szeged, XII. évf. 1. sz. 2005. 16-21. p.
- [6] Gaál Z.: Karbantartási Kézikönyv. Módszerek és eszközök a karbantartás irányításában. RAABE Tanácsadó és Kiadó Kft. Budapest, 2002.
- [7] Werner, G.: Ressourcenoptimierung durch eine Prozessanalyse der Instandhaltung eines Unternehmens. In: Instandhaltung im Aufbruch: Neues aus Theorie und Praxis. 9. Goslarer Instandhaltungstage, Goslar. 2000. május. 25-26. Gesellschaft für Instandhaltung e. V. p. 1-18. Vállalati üzemfenntartás folyamatainak elemzése. In: MIÜF, 2000. 10. sz. 3-17. p.
- [8] Vermes P.: A REFA módszertanon alapuló pontozásos karbantartás-elemzés. SZF MMF, Mezőtúr, Kézirat. 11. p.+mell.
- [9] Kindler J. – Papp O.: Komplex rendszerek összehasonlítása és összemérése. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1977.
- [10] Béres I.: A Hagisz Rt. karbantartási rendszerének vizsgálata és fejlesztése. TSF MFK, Mezőtúr, 2003. Szakdolgozat (Konzulens: Vermes P.)
- [11] Csintalan Zs.: Videoton Holding Zrt. Lemezmegmunkáló Projekt karbantartási rendszerének elemzése. SZF MMF, Mezőtúr, 2007. Szakdolgozat (Konzulens: Vermes P.)
- [12] Kubovics Á.: Növényolaj-gyártó gépsorok karbantartási rendszerének vizsgálata és fejlesztése. TSF MFK, Mezőtúr, 2003, Szakdolgozat (Konzulens: Vermes Pál)
- [13] Gábor F.: A Hirschmann Electronics Kft. karbantartási rendszerének vizsgálata a REFA módszer alkalmazásával. TSF MFK, Mezőtúr, 2004. Szakdolgozat (Konzulens: Vermes P.)
- [14] Lakatos R.: A Hirschmann Kft. karbantartási rendszerének vizsgálata. SZF MMF, Mezőtúr, 2008. Szakdolgozat (Konzulens: Vermes P.)

THE EXAMINATION OF MAINTENANCE SYSTEMS – PRINCIPLES AND METHODS

The evaluation of the performance and standard of maintenance is often a required demand, the satisfaction of which brings forth several principle and practical, methodical questions. Starting from the conception of the maintenance system, review of analysis methods and judging the applicability of some solutions seem to be necessary since the evaluation of complex activity of maintenance requires complex approach and several viewpoint of combined evaluation. Some of the methods require smaller-greater modification, or perhaps new formation of viewpoint. The chosen applicable methods may solve the comparison of maintenance activities with the object of developing maintenance first of all with its own or other maintenance organisation.

A KÖRNYEZETKÍMÉLŐ MEGMUNKÁLÁSOK ÁTTEKINTŐ ELEMZÉSE

Dr. VARGA Gyula - Dr. PÉTER László

Miskolci Egyetem, 3515, Miskolc, Egyetemváros - Nyíregyházi Főiskola, 4400, Nyíregyháza, Sóstói út 31/B
gyulavarga@uni-miskolc.hu - peterl@nyf.hu

KIVONAT

A Nyíregyházi Főiskola Műszaki Alapozó és Gépgyártástechnológia Tanszéke 2006-ban a Miskolci Egyetem Gépgyártástechnológia Tanszékével közös kutatási projektet indított öntvény minimál kenéssel történő furatmegmunkálásának vizsgálatára. A kísérletek során összehasonlító mérések végrehajtása történt különböző mennyiségű külső hűtő-kenő folyadék hozzávezetéssel végzett fűrészi kísérletsorozatokon. A dolgozat bemutatja, hogyan befolyásolja a különböző előtolás (f), fűrészi hossz (L_0) és hűtő-kenő anyag mennyisége (\dot{V}_{oil}) a sarokkopás és a hátkopás értékeit.

Kulcsszavak: Környezetbarát megmunkálás, Száraz megmunkálás, Minimális mennyiségű kenés

1. BEVEZETÉS

A környezettudatosság változása és a növekedő költségek nyomást gyakorolnak az iparvállalatokra, mely elvezet ahhoz, hogy kritikusan megfontolják legtöbb forgácsolási folyamathoz alkalmazott hagyományos hűtő-kenő anyagok használatát. A munkadarabtól, a gyártási szerkezetétől és a gyártás helyétől függően a hűtő-kenő anyagok használatával kapcsolatos költségek a munkadarab teljes gyártási költségének 7-17%-át teszik ki [1]. Elhagyva a hagyományos hűtő-kenő anyagot, és használva a száraz vagy minimális kenőanyag felhasználásos technikát, ez a költség tétel jelentősen lecsökkenthető. A gyártási folyamatok hatásosságának fejlesztésén kívül egy ilyen technológiai változás hozzájárul a munkás és a környezet védelméhez [2] is. Az új forgácsolási technológia adaptálásán túl, a szerszámgép szerkezetét és a kiegészítő eszközöket figyelembe kell venni. Ipari gyakorlati munkát végző szakemberek csak akkor fogadják el a száraz forgácsolási technológiát, amikor széleskörű megoldás létezik [3].

2. KÖRNYEZETBARÁT FORGÁCSOLÁS

A kenés használata fontos szempont a határozott és határozatlan élű (pl. köszörű) szerszámokkal végzett forgácsolási folyamatok megvalósításakor, mivel a szerszám érintkezik a munkadarabbal. Forgácsolási folyamatoknál a forgácsolószerszám és a forgács között lévő kenés megszüntetése, vagy minimalizálása esetén számos tényezőt kell figyelembe venni [4].

2.1. Száraz megmunkálás

Napjainkban a száraz megmunkálást nagy érdeklődés övezi és sikeresen alkalmazhatók mint környezetbarát megmunkálások egyik lehetősége [5]. A szárazmegmunkálási folyamatok speciális követelményeinek megfelelése céljából

különböző folyamatra ható tényezőt kell figyelembe venni. A szerszámot optimalizálni kell a szerszám alapanyag, bevonat és geometria szempontjától. A keményfém, cermet, kerámia, CBN és PCD alapú forgácsolószerszámanyagok magas hőmérsékleti keménysége és kopásállósága rendkívül megfelelővé teszi ezen anyagokat a száraz forgácsolási műveletekre való felhasználására.

A szárazforgácsolási folyamatot úgy kell megtervezni, hogy minimalizálni kell a munkadarabba való hőáramlást. Ez elérhető a forgácsoló erő minimalizálásával és a hőeloszlás befolyásolásával. A forgácsolóerő lecsökkenthető a megfelelő forgácsolóél geometriával, míg az alkatrész irányába történő hőeloszlás pozitívan befolyásolható nagy forgácsolósebesség alkalmazásával.

2.2. Minimálkenéses megmunkálás

A minimálkenéses megmunkálást úgy definiálják, hogy forgácsolási folyadékot optimális átfolyási sebességgel, kis mennyiségben permetezik közvetlenül a forgácsolási zónába [5]. A forgácsolással foglalkozó vállalatoknál, a hűtő-kenő folyadék fokozott problémát jelent a környezet, az egészség, a gazdaságosság és a biztonság tekintetében.

A minimálkenéses megmunkálás a következő előnyöket kínálja:

- lecsökken a fém megmunkáló folyadék mennyisége,
- csökken a költség az árasztásos hűtés-kenéshez képest,
- az iparegészségügyi veszély csökken,
- meg van a lehetőség a kedvező folyadékok alkalmazásának (pl., növényi olaj) és
- javult folyamat termelékenység a száraz megmunkáláshoz képest.

Sok megmunkálási műveletnél, a minimális mennyiségű hűtés-kenés (MMHK) a kulcsa a sikeres száraz megmunkálásnak. A gyártási működési paraméterek bármilyen változása a száraz forgácsolás alatt, a MMHK, mint rendszer megértésén alapul, melynek önálló komponensei – előtölés technológia, MMHK közeg, paraméter beállítások, szerszámok, és szerszámgépek kölcsönösen hatással vannak az összes többi tényező működésére (1. ábra). A MMHK rendszer minden komponensét nagyon gondosan kell összhangba hozni ahhoz, hogy a kívánt hatást elérjük, mely mind technológiai, mind gazdaságilag optimális [6].

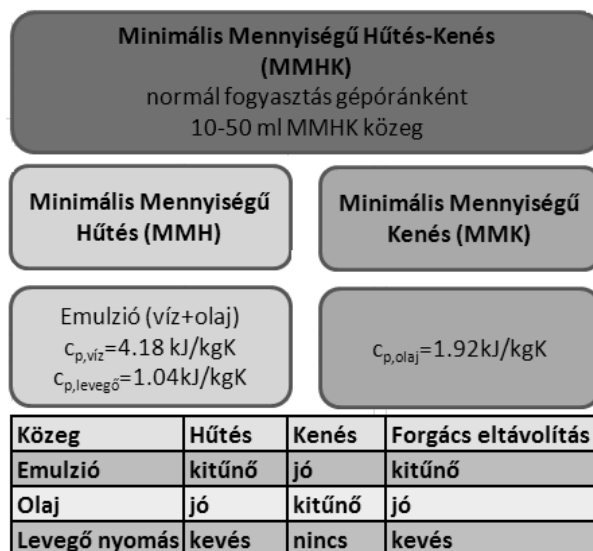
A hűtés-kenés elsődleges funkciói a nedves megmunkálási műveletnél a hűtés, a kenés, és a forgács eltávolítás (le mosás). Rendszerint emulziókat vagy tiszta olajokat használnak általánosan, hogy melyiket mikor, az függ az adott feladat gyártási műveletétől és a megmunkálási feladatától. Az emulziók kiváló hőátadási tulajdonsággal rendelkeznek a nagy víztartalom miatt. A tiszta olajok akkor jeleskednek, amikor nagymértékű kenés kívánatos. Mindkét közeg garantálja a hatékony forgácsszállítást. Amikor sűrített levegőt alkalmaznak hűtő közeg helyett, akkor a közeg előnyös kenési tulajdonságai eltűnnek. A hűtő hatás sokkal kevésbé jelentős, mint víz vagy olaj esetén.

MMHK műveleteknél általában tiszta olajat alkalmaznak kenő közegként, de néhány alkalmazásban, előfordul emulzió vagy víz is. Ezen a folyadék közegeket

piciny mennyiségben juttatják a szerszámhoz és/vagy a megmunkálási ponthoz közel. Ezt vagy szállító közeg segítségével, pl. levegővel, vagy anélkül végzik. A korábbi, u.n. levegő nélküli rendszerekben, egy szivattyú szolgáltatja a közeget a szerszámnak, rendszerint olajat, precízen kimért olajcseppek gyors egymásutánisága alakjában. A későbbi változatoknál, a közeget fúvóka segítségével különösen kis cseppekké porlasztják, mely cseppek később befedik a megmunkálási pontot aeroszol spray alakjában [8].



1. ábra, Minimális mennyiségű hűtés kenés rendszer (MMHK) [7].



2. ábra A Minimális Mennyiségű Hűtés Kenés definíciója (MMHK).

A szárazforgácsolás kontextusában a MMHK kifejezést általában az aeroszol alakú hűtő-kenő folyadékszolgáltatásra vonatkozik. Az alkalmazott folyadék közeg fő funkciójától és típusától függően különbség tehető a minimális mennyiségű kenés

(MMK) és a minimális mennyiségű hűtés (MMH) között (2. ábra) [7].

Amikor olajat alkalmaznak folyadék közegként, a hangsúly azok jó kenési tulajdonságain van. Azok funkciója a súrlódás és az adhézió csökkentése a munkadarab, a forgács és a szerszám között. További eredmény, hogy a súrlódás által okozott hő szintén csökken. Következésképp, a szerszám és a munkadarab kevesebb hőnek van kitéve, mintha a megmunkálási művelet teljesen száraz lenne [9].

Az emulziót és vizet sokkal ritkábban alkalmazzák a MMHK-nél közegként, mint az olajat. Olyan műveletek, amelyekben emulziót, vizet vagy levegőt használnak, azokat a minimális mennyiségű hűtésnek (MMH) tekintik, mivel az emulzió jelentősen kisebb szintű kenéssel rendelkezik, mint az olaj, habár többel, mint a víz vagy a levegő, melyeknek egyáltalán nincs kenőképesége. Szemben a minimális mennyiségű kenéssel (MMK), a minimális mennyiségű hűtést (MMH) mostanáig csak ritkán alkalmazták. A minimális mennyiségű hűtési technika a hőtani problémák megoldásához járul hozzá [7].

2.2 Adagolási rendszerek

A minimális mennyiségű kenési technika megvalósításakor különbséget tesznek a külső fűvókából való adagolás és a belső hűtő-kenő csatornából való adagolás között. Az alkalmazásukba bevonjuk azt a külső adagolást, amikor aeroszolt permeteznek a szerszámra kívülről egy vagy több fűvókából. A fűvókák száma és iránya, összefüggésben van a permet alakjával, ami a fűvókaelrendezéstől függ. Ezt a technikát a fűrészelésnél, homlokmarásnál és esztergálásnál alkalmazzák. A külső adagolás is problémát jelenthet olyan többszerszámos forgácsolás esetében, amikor a szerszámok hossza és átmérője jelentősen változik. Ilyen megmunkálásoknál, az alkalmazott fűvókák elrendezését vagy kézzel kell beállítani, vagy beállító rendszer segítségével, ami a szerszámgép szabályozó részével össze van kapcsolva azért, hogy a fűvókákat axiálisan vagy radiálisan pozicionálja, a szerszám hosszától és átmérőjétől függően, vagy elforgassa azokat egy bizonyos szöggel. Egy külső MMK-i eljárás akkor is létfontosságú, amikor a műveletbe bevont szerszámok nem rendelkeznek belső hűtő-kenő csatornákkal [10].

2.3 Minimális mennyiségű kenés közege

Mostanában számos vizsgálatot végeztek a hűtő-kenő folyadék teljesítőképességének kiértékelésére [11]. Amikor egy MMK rendszert használnak, a kenőanyag odatapadhat a szerszámgép belső és a külső felületeihez finom olajfilm formájában. Mivel egy ilyen vékony olaj film könnyen oxidálódhat, és ragadóssá válik, a minimális mennyiségű kenőanyagoknak az oxidációval szemben ellenállónak kell lennie. Azért, hogy szimuláljuk ezt, a vékony olajfilmet 70 °C hőmérsékleten hagyták atmoszférikus körülmények között 168 órán keresztül. Ezen melegítési vizsgálat után, a molekulasúlyban változást tapasztaltak egy gélpermeációs kromatográfiás (GPK) elemzéssel. A vizsgált olajok teljesen szintetikus poliollal (többértékű alkohollal) végezték [12].

2.4 Minimális mennyiségű kenési rendszer elemei

A belső MMK adagolási stratégia olyan szerszámokat kíván, melyek belső kenőcsatornával rendelkeznek (3. ábra) [13], [14]. Fúrószerszámok esetében van egy további korlátozás, a minimális szerszámtátmérő kb. 4 mm-nél kisebb nem lehet, a megfelelő szerszám merevséget garantálása céljából. Ezért, a kisebb szerszámtátmérőknél külső MMK alkalmazása kívánatos.



a)



b)

3. ábra, Belső MMK adagoláshoz tervezett fúrószerszámok
a) nézeti kép [13], b) működés [14]

A minimális mennyiségű kenés központi eleme a száraz megmunkálási stratégiának. Különösen olyan megmunkálási műveletekre vonatkozik, mint az alumínium ötvözetek, amelyeknek nagy hajlama van a szerszámadhézióra. A MMK fontos olyan műveleteknél, amelyeknél a súrlódás és adhézió nagymértékű, mint például a fúrás, menetmegmunkálás, finom furatesztergálás és dörzsárazás, és nélkülözhetetlen amikor a felület minőségének egzaktan ki kell elégíteni az előírt kívánalmakat.

3. ÖSSZEFOGLALÁS

A hűtő-kenő anyagok mennyiségének csökkentése a száraz megmunkálós és a MMK-es modern forgácsolótechnológia alkalmazásával a megmunkálások jelentős fejlődéséhez vezetett. Ma, sok forgácsolási folyamat és munkadarab anyag készül a modern forgácsolószerszámok és bevonatok alkalmazásával, hozzáátve a szerszámtervezést és a megmunkálási stratégiákat, úgymint az optimált szerszámgepeket. Ezek a nagy termelékenységű rendszer elemek gazdaságos és nagy termelékenységű folyamatokat biztosítanak, enyhén csökkentve a nedves forgácsolási folyamatok gyártási idejét a munkadarab minőségének jelentős fejlesztésével.

4. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció alapjául szolgáló kutatás a Magyar-Lengyel Kétoldalú Tudományos és Technológiai (TÉT) Együttműködési Program (jele: PL-2/2008) keretében készült, és pénzügyileg az NKTH és a külföldi szerződéses partnere támogatta.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Weinert, K., Adams, F. J., Thamke, D., 1995, Was kostet die Kühlschmierung?,

- Technica, 44/7: 19-23.
- [2] Howes, T. D., Tönshoff, H. K., Heuer, W., 1991, Environmental Aspects of Grinding Fluids, *Annals of the CIRP*, 40/2: 623-630.
 - [3] Daniel, C. M., Olson, W. W., Sutherland, J. W., 1997, Research Advances In Dry and Semi-dry Machining, SAE Technical Paper No. 970415 and SAE Transactions, *Journal of Materials and Manufacturing*, 106: 373-383.
 - [4] Dudás, I., Lierath, F., Varga, Gy.: Gépgyártás-technológia V., Környezetbarát technológia, Kézirat, Miskolci Egyetem, 2009, p.: 319 (Előkészítés alatt)
 - [5] Klocke, F., Eisenblaetter, G., Dry Cutting, *Annals of the CIRP-Manufacturing Technology*, 1997, 46/2:519-526
 - [6] Klocke, F., Schulz, A., Gerschwiler, K., 1996, Saubere Fertigungstechnologien - Ein Wettbewerbsvorteil von morgen?, *Aachener Werkzeugmaschinen-Kolloquium, Conference Proc.*, June 13-14: 4.35-4.108.
 - [7] Klocke, F., Gerschwiler, K., 2003, Minimalmengenschmierung – Systeme, Medien, Einsatzbeispiele und ökonomische Aspekte der Trockenbearbeitung, *Trockenbearbeitung von Metallen, Proc. of the VDI-Seminar, Stuttgart, Mar. 18: 2.1-2.20.*
 - [8] Aoyama, T., 2002, Development of a Mixture Supply System for Machining with Minimal Quantity Lubrication, *Annals of the CIRP*, 51/1: 289-292.
 - [9] Chandrasekaran, H., Thuvander, A., 1998, Modelling Tool Stresses and Temperature Evaluation in Turning using FEM, *Machining Science and Technology*, 1/2: 355-367.
 - [10] Suzuki, S., 2002, Developments in Oil Supplying Systems for MQL Cutting, *Journal of Japanese Society of Tribologists*, 47/7: 538-543.
 - [11] De Chiffre, L., Belluco, W., 2000, Comparison of Methods for Cutting Fluid Performance Testing, *Annals of the CIRP*, 49/1: 57-60.
 - [12] N. N., 1996, Biodegradable Fluids and Lubricants, *Industrial Lubrication and Tribology*, 48/2: 17-26.
 - [13] <http://www.oceanavenger.com/images/ocean-avenger-beam-drill-line-19.jpg>
 - [14] http://images.google.hu/imgres?imgurl=http://www.e2systems.com/Script/ShowPic.asp%3FFileID%3D1180&imgrefurl=http://www.e2systems.com/Document/ViewDoc.asp%3FTK%3D1%26TreeID%3D267&usg=__CfkDfV0XVQpjcsZj5nU3FUg5IFU=&h=200&w=300&sz=46&hl=hu&start=61&um=1&tbnid=uR9fleV1diF0aM:&tbnh=77&tbnw=116&prev=/images%3Fq%3DCoolant%2BThru%2BDrill%26ndsp%3D18%26hl%3Dhu%26sa%3DN%26start%3D54%26um%3D1

REVIEW OF ANTIPOLLUTION MACHININGS

The Department of Production Engineering at College of Nyíregyháza, and the Department of Production Engineering at University of Miskolc has started a common research project for investigation the drilling experiments of a cast iron workpieces using minimal volume lubrication. At our experiments measurements were performed and compared using different amount of coolants and lubricants when outer coolants admission. The paper shows how the different value of feed (f), length of drilling (L_0) and volume of coolants and lubricants (\dot{V}_{oil}) has effect on the corner wear and flank wear.

HIDROGEOLÓGIAI MODELLEZÉSI VIZSGÁLATOK AZ ÉSZAK ALFÖLDI RÉGIÓBAN

SZÜCS Péter¹, VIRÁG Margit²

¹Miskolci Egyetem, Hidrogeológiai – Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék,
3515. Miskolc – Egyetemváros, hgszucs@uni-miskolc.hu

²VIZITERV Environ Kft., 4400. Nyíregyháza, Benczúr tér 7.

KIVONAT

A szerzők a cikk keretében több esettanulmány bemutatásával kívánják demonstrálni a különböző célú hidrogeológiai modellezési vizsgálatok fontosságát az Észak Alföldi Régióban. A bemutatandó lokális és regionális léptékű, komplex hidrogeológiai modellek vízbázisvédelmi, környezetvédelmi, természetvédelmi, vízkészlet-gazdálkodási és hévízhasznosítási célokat szolgálnak.

Kulcsszavak: hidrogeológiai modellezés, felszín alatti vízkészletek, fenntartható vízgazdálkodás.

BEVEZETÉS

A szakmai munkánk során egyre inkább világossá vált, hogy a földi vízkészletek véges mennyisége és egyre romló minőségi állapota a fokozatosan növekvő vízigények mellett egyre komolyabb és bonyolultabb szakmai feladatokat és kihívásokat fogalmaz meg a hidrogeológus szakemberek számára is. Ezekben a munkálatokban a megbízható és megfelelően pontos hidrogeológiai modellezésnek óriási szerepe van, hiszen a felszín alatti vizek mennyiségi és minőségi állapotával kapcsolatos kérdések megválaszolásban alapvető és sokszor semmivel nem pótolható információkat ad a döntéshozók számára. A hidrogeológiai modellezés eredményeit használhatjuk vízháztartási, vízgazdálkodási, vízellátási, vízbányászati, környezetvédelmi, természetvédelmi, mezőgazdasági, bányászati, geotechnikai, kármentesítési és kárelhárítási problémák megoldásában. Az EU Víz-keretirányelv is számos olyan feladatot határoz meg például a vízgyűjtő-gazdálkodási vizsgálatokban, amelyek megoldásában a hidrogeológia modellezésnek is szerepet kell kapnia. A felszín alatti vizek egyre nagyobb szerepet kapnak az ivóvíz ellátásban és egyéb vízigények kielégítésében a világon mindenütt. Következésképpen még inkább nő a szerepe a vízbányászati célú modellezési eljárások és egyéb víztermelési módszerek fejlesztésének annak érdekében, hogy megfelelő mennyiségű és minőségű felszín alatti vizet lehessen szolgáltatni a különböző éghajlat változási tendenciákat és népesség növekedést prognosztizáló jövőben is.

1. A VIZSGÁLT TERÜLET FÖLDTANI ÉS VÍZFÖLDTANI JELLEMZŐI

Az Alföld ÉK-i részén elhelyezkedő Felső-Tisza vidék két nagy vízföldtani tájegységének a Nyírségnek és a Szatmár-Beregi síkságnak a vízföldtani megítélése az utóbbi évek szakmai eredményeinek birtokában sokat változott [1]. A Nyírség szerepe a megújuló készletek terén elsődleges. A Szatmár-Beregi síkság pedig az ország rétegvizekben leggazdagabb területeihez tartozik [2]. A hideg édesvíznyerés szempontjából a pleisztocén-, míg a sós meleg vizeket a pliocén törmelékes összlet tárolja. A rétegműködési mechanizmusból következően a Pannon medencét kitöltő

üledék teljes elterjedési területén és teljes vastagságában egységes hidraulikai rendszert alkot, amelyben bármilyen mélységből is termelünk vizet, a vízszállításban minden réteg részt vesz, a talajvíztől a legmélyebben fekvő hévíztartó rétegeig [3, 12]. Így a talaj-, partiszűrűsű, réteg- és hévízgazdálkodás egységes feladatrendszert képez, egymástól elválaszthatatlan.

A Kárpát medence geológiai szempontból egy nagyterjedésű hegységközi süllyedék, melynek mélyebben fekvő részeit, a Pannon artézi medencét a körülölelő hegységkoszorú lepusztulása során keletkezett törmelék (görgeteg, kavics, homok, iszap és agyag) tölti ki, amelynek vastagsága térségünkben keleten és északon 500, máshol 1100 m körüli. A rétegek térfogatának 10-30 %-át kitevő, a törmelék szemcséi között található hézagok (pórusok) terét a felső néhány méter (az aerációs zóna) kivételével összefüggő víz tölti ki, amelyet ipari és mezőgazdasági vízellátásra, ivóvízként, öntözésre és balneológiai célra hasznosítunk.



1. ábra

A hideg édesvíznyerés céljára szolgáló pleisztocén ivóvízadó összlet vastagsága méterben.

A medence aljzatot felépítő egyenetlen felületű paleozoós-mezozoós alaphegység nagy mélységekben található. Az erre települő medence üledékek vastagsága így akár a több km vastagságot is eléri, majd a peremek felé elvékonyodik. Az alaphegységre kréta-paleogén fliș, nagy vastagságú miocén vulkanitokból álló összlet (melynek vastagsága a Nyírség területén az 1500 m-t is meghaladja), majd rétegzett - pliocén korú tengeri- és pleisztocén korú folyóvízi eredetű - törmelékes üledék települ. Az 1000-1300 m fekvőmélységű agyagok és homokok váltakozásából álló alsó pliocén alul márgás kifejlődésű, a felső pliocén tavi agyagokkal jellemzett rétegek vékony kifejlődésben vannak jelen, kisebb áteresztő-képességűek mint az alsó pliocén vagy az alsó pleisztocén rétegek.

Ezt követően pedig az 50-330 m vastagságú kavics, homok, iszap, agyag és ezek átmeneti képződményeinek szeszélyes váltakozásából álló pleisztocén korú folyóvízi eredetű pleisztocén rétegek, ill. a felső pár méteres összletet képező holocén korú földtani képződmények zárják a rétegsort. Az előzőek alapján a felszín alatti vízbeszerzés szempontjából tehát a pliocén-pleisztocén korú törmelékes víztárolók jöhetnek számításba (1. ábra).

Víznyerési szempontból a legidősebb paleozoós és triász rétegeknek nincs gyakorlati jelentőségük. Magából a triász karsztból való víztermelés a nagy mélység miatt nem gazdaságos. A foltokban található eocén és oligocén képződmények vízzáróak. A miocén összletnek azonban a triászból átszivárgó víz mellett a magasabb szinteken saját készlete is van, de kitermelését ebben az esetben is valószínűleg gazdaságtalanná teszi az utánpótlódás hiánya. Az egységes hidraulikai rendszert alkotó pliocén-pleisztocén rétegzett víztároló komplexumot a felső pliocén (levantei) emelet agyagos kifejlődésű kőzetei két alrendszerre tagolják: a pleisztocén hideg édesvizeket, míg az alsó-pliocén (pannon) sós hévizeket tárol. A változó max. 1300 m fekülmélységű pannon képződmények vize a magas hőmérséklet, só- és gáztartalom miatt tehát alkalmas a felmerülő hévízigények kielégítésére a régióban.

2. HIDROGEOLOGIAI MODELLEZÉSI TEVÉKENYSÉG A RÉGIÓBAN

A NATO Tudomány a Békéért nemzetközi program keretében egy határral osztott felszín alatti vízadó komplex hidrogeológiai vizsgálatát végeztük el (2 ábra). A Szamos-folyó alluviális üledékszlete a magyar-román határ mindkét oldalán helyezkedik el. Ez a víztároló allúvium mintegy 395000 romániai és 50000 magyar lakos számára biztosítja a mindennapos vízellátást. Az alsó-pleisztocén fekvő felett található vízbázis sekély elhelyezkedése miatt sérülékeny vízbázisnak tekinthető. A határ mindkét oldalán folyó mezőgazdasági és ipari tevékenység jelentős szennyezési veszélyt jelent az ivóvízbázis részére. Az ivóvízbázis elszennyeződésének elkerülése, és a hosszú távú fenntarthatóság miatt a határ két oldalán élő szakemberek, politikusok és hatóságok szorosabb együttműködésére lesz szükség a jövőben. Ennek kialakításában nagy szerepet játszott a megpályázott tudományos projekt.

A projekt főbb céljai a következők voltak:

- a határ két oldalán elhelyezkedő régió felszín alatti vízbázisának hosszú távú mennyiségi és minőségi fenntarthatóságát biztosítani.
- a projektben résztvevő partnerek a szoros együttműködés révén nemzetközi színvonalú tudományos és technikai eredményeket érjenek el. A kidolgozott tudományos eredmények és eljárások nagyban hozzájárulhatnak ahhoz, hogy tovább erősödjék a politikai együttműködés Magyarország és Románia között a felszín alatti vizek tekintetében is.
- a projekt keretében megvalósulhat egy hosszú távú monitoring program kidolgozása.
- a projekt lehetővé teszi annak felmérését, hogy a különböző humán tevékenységek hogyan befolyásolják a felszín alatti vízbázis mennyiségi és minőségi mutatóit. Ennek ismeretében meghatározhatók a hosszú távú védekezés főbb irányvonalai.
- a projekt keretében résztvevő fiatal magyar és román szakemberek bekapcsolódása a nemzetközi tudományos életbe.

- az Ecsedi-láp és a területen található egyéb vizes élőhelyek számára biztosítani az ökológiai vízigényt.
- a projekt eredményei nagyban segíthetik a végfelhasználók és döntéshozók munkáját a megfelelő vízgazdálkodás kialakításában.
- a projekt a tudományos eredmények mellett közérthető tájékoztatást ad az eredményekről a szakmai és politikai döntéshozók és a nyilvánosság számára.



2. ábra

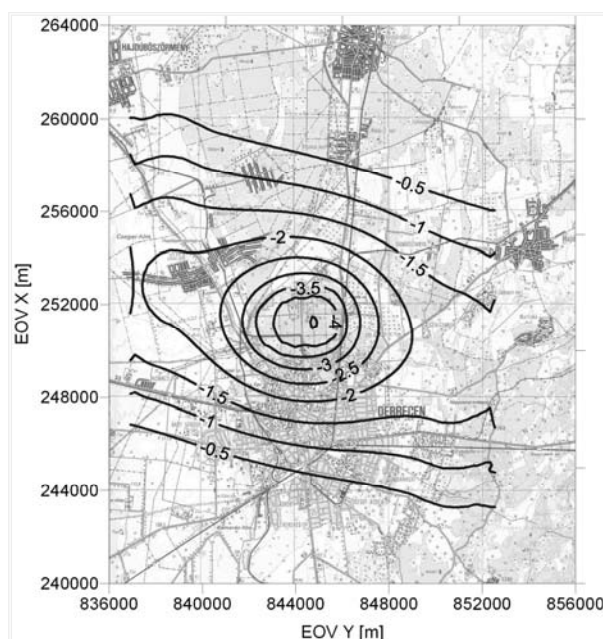
A Szamos folyó határral osztott üledékes összletének modellezett területe.

Az ivóvízbázis-védelmi program kapcsán számos lokális vízföldtani modell készült és készül mind országos szinten, mind pedig egy-egy vízföldtani tájegység határain belül. Valós problémaként jelentkezik a hasonló adottságú hidrogeológiai egységeken belüli modellezések peremfeltételeinek egységes kezelése érdekében a működőképes és nyilvánosan is elérhető regionális modellek hiánya, vonatkozik ez a Nyírség területére is [10, 11].

A vízbázis-védelmi munkák keretében bemutatjuk a Nyírség K-i peremén elhelyezkedő Vásárosnamény térségi Vízmű, valamint a Nyírségi tápterület centrumában levő Nyírbátori Városi Vízmű vízbázisának diagnosztikai munkái kapcsán végzett vízföldtani modellezés eredményeit. Szó [8, 9] esik a két vizsgálati terület koncepcionális modelljének megalkotásáról. Előbbiekben keresztül pedig a "Nyírség Modell" egészébe való illeszkedés problémái kerülnek megvilágításra, illetve magának a regionális modellezésnek a szükségessége.

A Tiszántúli Környezetvédelmi és Vízügy Igazgatóság illetékességi területén található debreceni Nagyerdő többcélú vízpótlásának komplex hidrogeológiai vizsgálatát a CIVAQUA program keretében végeztük [4, 5, 13]. A vizsgált terület hidrodinamikai modelljét azért készítettük el, hogy megvizsgálhassuk azt, hogy a javasolt műszaki megoldások alkalmazásával elérhető-e a korábban megfogalmazott célállapot a Nagyerdő helyzetének javítása érdekében. A kapott eredmények alapján optimalizálható a célállapot elérése, amelynek segítségével a XIX. század végi, XX.

század eleji természet közeli talajvízállapotot lehetne visszaállítani a Nagyerdőben. A Nagyerdő helyzetének javítására az 1970-es években történtek lépések, az ún. Hajdúhátsági Többcélú Vízgazdálkodási Rendszer (HTVR) gondolatának megfogalmazásával. A rendszer értelmében egy Balmazújváros közelében létesített szivattyúteleppel emelték fel a Tisza vizet a Hajdúhátsági területekre. A HTVR továbbfejlesztett változatának a CIVAQUA Projekt elnevezést adták. A CIVAQUA programon belül a Nagyerdő többcélú vízpótlásával is foglalkoznak. A Nagyerdőt ma hiányos vízkészlet, valamint 10 méternél mélyebbre süllyedő talajvízállás jellemzi [6]. A helyzet javításának érdekében történő mesterséges vízpótlás csak a természetvédelem szempontjainak teljes körű figyelembe vételével történhet. A hidrodinamikai modellezés során nagymértékben támaszkodtunk azokra a területtel kapcsolatos munkákra és összefoglalókra, amelyeket Dr. Halász Béla, Dr. Juhász József, Dr. Marton Lajos, Dr. Szanyi János, Dr. Székely Ferenc és Dr. Völgyesi István készítettek [7].



3. ábra

A tervezett mesterséges vízpótlás eredményeként várható vízszintemelkedés meghatározása hidrodinamikai modellezés segítségével a CIVAQUA program keretében.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Erdélyi Mihály: A magyar medence hidrodinamikája (VITUKI közlemények 18), 1979,
- [2] Halász Béla: Felszín alatti vizekkel való gazdálkodás rétegzett hidrológiai rendszerekben (doktori értekezés), 1994,

- [3] Juhász József: Hidrogeológiai, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2002,
- [4] K+K Osztrák-Magyar Környezetgazdálkodási és Közműtervező Kft.: Debreceni Nagyerdő többcélú vízpótlása. Részletes környezeti hatástanulmány. Műszaki leírás. 2004. április, pp. 1-170.
- [5] K+K Osztrák-Magyar Környezetgazdálkodási és Közműtervező Kft.: Debreceni Nagyerdő többcélú vízpótlása. Részletes környezeti hatástanulmány. Összefoglaló. 2004. április, pp. 1-65.
- [6] Marton Lajos, Szanyi János: A talajvíztükör helyzete és a rétegvíz termelés kapcsolata Debrecen térségében. Hidrológiai Közlöny, 2000., 80. évf., 1.sz., pp. 3-13.
- [7] Székely Ferenc: Az ÉK – Alföld regionális modellje. VITUKI, Budapest, 2003. november, pp. 1-63.
- [8] Szűcs P.: Inversion of pumping test data for improved interpretation. microCAD 2002, International Scientific Conference, University of Miskolc, A: Geoinformatics, pp. 107- 112, March 7- 8.
- [9] Szűcs P., Civan F., Virág M.: Applicability of the most frequent value method in groundwater modeling. Hydrogeology Journal 2006, 14: pp. 31- 43, Springer-Verlag.
- [10] Szűcs, P., Ritter Gy.: Improved interpretation of pumping test results using simulated annealing optimization. ModelCARE 2002, Proceedings of the 4th International Conference on Calibration and Realibility in Groundwater Modeling. Prague, Czech Republic, 17- 20 June 2002. ACTA UNIVERSITATIS CAROLINAE – GEOLOGICA 2002, 46 (2/3), pp. 238- 241.
- [11] Szűcs P. és Virág. M.: A leggyakoribb érték (MFV) módszerének alkalmazása a hidrogeológiai modellezésben. Hidrológiai Közlöny, 86. évf., 4. szám, 2006. július-augusztus, pp. 29-36.
- [12] Tóth József: Hydraulic continuity in large sedimentary basins. Hydrogeology Journal (3), 1995, no. 4., pp. 4-16.

HYDROGEOLOGICAL MODELING INVESTIGATIONS IN THE NORTH REGION OF THE HUNGARIAN GREAT PLAIN

The authors would like to demonstrate the importance of groundwater flow and transport modeling in the north region of the Hungarian Great Plain. The regional and local scale hydrogeological models were applied for different water management purposes, like well head protection zone delineation, determination of the sustainable groundwater production, geothermal energy utilization, and etc. The investigated region is rich of groundwater resources, although some areas around Debrecen city will probably require artificial recharge from surface water resources to elevate the shallow groundwater levels. The hydrogeological and geothermal conditions are quite promising in some areas for the more significant heat utilization.

GEOTERMIKUS REZERVOÁROK MODELLEZÉSE

POKORÁDI László

Debreceni Egyetem, Műszaki Kar
Műszaki Menedzsment és Vállalkozási Tanszék
4028 Debrecen, Ótemető u. 2-4
pokoradi@delfin.unideb.hu

KIVONAT

Számos idegen (főleg angol) nyelvű irodalom olvasható a különféle úgynevezett koncentrált paraméterű geotermikus modelleket, illetve modellezési eljárásokat. A tanulmány célja az alacsonyhőmérsékletű, úgynevezett folyadék-domináns rezervoárok koncentrált paraméterű modellezésének bemutatása — magyar nyelven.

Kulcsszavak: Modellezés, Geotermikus rendszerek

1. BEVEZETÉS

A geotermikus energia magyarországi hasznosításának lehetőségeit KALMÁR írta le [6] tanulmányában, melyben bemutatja a felhasználható geotermikus mezőket is. Számos angol nyelvű irodalom ismerteti a különféle úgynevezett koncentrált paraméterű geotermikus modelleket, illetve modellezési eljárásokat. AXELSSON munkáiban egy egyszerű, mátrix-vektor alakú egyenletrendszert dolgozott ki és elemezte a koncentrált paraméterű modellek alkalmazási lehetőségeit az alacsony hőmérsékletű geotermikus mezők, rendszerek kitermelési adatainak monitorozására [1]; [2]. SARAK, ONUR és SATMAN az eltérő modellek alkalmazhatóságait elemezték az izlandi LAUGARNES geotermikus mező kitermelési adatait felhasználva [5].

A publikáció az alábbi fejezetekből áll: A 2. fejezetből röviden megismerhetők a különféle geotermikus rendszermodellezési eljárások. A 3. fejezet az alacsony hőmérsékletű geotermikus rendszerek modellezési eljárásait mutatja be az angol nyelvű irodalmakra támaszkodva. A 4. fejezetben rövid összefoglaló olvasható a fentebb bemutatott modellek alkalmazási eredményeiről.

2. GEOTERMIKUS MODELLEZÉSI ELJÁRÁSOK

Az irodalmak szerint három főbb módszer alkalmazható a geotermikus rezervoárok modellezésére. Ezek az esésgörbe elemzés, koncentrált paraméterű modellezés, valamint a numerikusmodellezés.

Az esésgörbe elemzést a jövőbeli forrásapadás előrejelzésére alkalmazzák a mért szállítási sebesség adatokra illesztett algebrai egyenlet segítségével. A forrásapadás előrejelzését fel lehet használni a kiegészítő (pótlólagos) források számának becslésére.

A szakirodalmak, lényegében csak a hagyomány kedvéért, külön tárgyalják a koncentrált és osztott paraméterű modelleket, noha a koncentrált paraméterű modellek

Az osztott paraméterű modellek nagyon általános modellek, melyek a rezervoárok modellezésére alkalmaznak néhány (ami azonos a koncentrált paraméterű modellel)

vagy nagyszámú (100 ~ 1000) hálópont alkalmazásával. Alkalmazhatóak a teljes geotermikus rendszer modellezésére, mely magába foglalja a rezervoárt, a záró kőzetet, az alapkőzetet, a sekély hidegvíztárolót, az utántöltési zónákat is. Az osztott paraméterű modellek alapvető előnye számos matematikai numerikus módszerrel megoldhatók, úgy, hogy a felhasználó meghatároztatja a figyelembe veendő fizikai folyamatot, és a rácsháló méretet. Hátránya, hogy jelentős numerikusszámítási kapacitást és modellezési, programozási gyakorlatot igényel.

3. A KONCENTRÁLT PARAMÉTERŰ MODELLEK

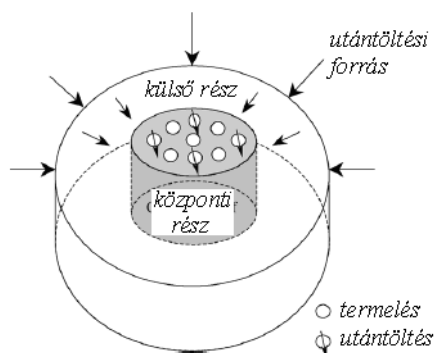
A koncentrált paraméterű geotermikus rendszermodellezés az osztott paraméterű, numerikus modellezés erősen leegyszerűsített változatának tekinthető. A koncentrált paraméterű modell esetén a geotermikus rezervoárt, mint egy egyszerű vagy kevés, homogén rácspontot tartalmazó rendszert vizsgáljuk. A rezervoárnyomás (vagy vízszint) megfigyelt változásai, valamint a folyadék termelés–besajtolás arány jól összeegyeztethetőek a koncentrált paraméterű modell eredményeinek felhasználásával.

Koncentrált paraméterű modellvizsgálatok során a geotermikus rendszert három fő részből állónak tekintjük, úgymint:

- ➔ a rezervoár középső része;
- ➔ a rezervoár külső részei
- ➔ az utántöltési forrás.

Az első kettőt, mint homogén tárolókat kezeljük, azok átlagos paramétereikkel jellemezzük. Megközelítésünkben a „rezervoár külső részei” egy vagy több külső részt jelentenek, melyek a következők lehetnek:

- ➔ a rezervoár külső része(i);
- ➔ a rezervoár mélyebb része(i);
- ➔ környező vagy sekélyebb hidrológiai elem vagy elemek.



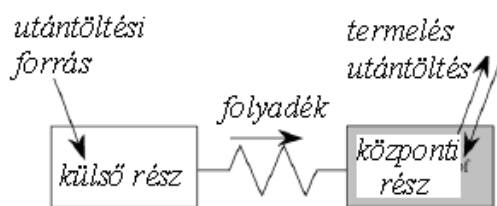
1. ábra Geotermikus (mint két-tárolós, hengeres) rendszer részei (forrás: [3])

Az utántöltési forrás a rezervoár többi eleméhez kapcsolódik, vagy közvetlenül a

rezervoár központi részéhez, amikor mint pontszerű forrás kezeljük. Ez a három rész, mint koncentrikusan elhelyezkedő egységek kezelhetők (1. ábra). Az a megközelítés is lehetséges, hogy a három részt, mint kapcsolódó tárolók sorozata vizsgáljuk (2. ábra).

A 2. ábrán látható egyszerű két-tárolós koncentrált paraméterű modell esetén az első tároló, melyben a kitermelés/betáplálás történik, jelenti a geotermikus rendszer legbelső (központi) részét. Az ezen belüli nyomásváltozást, valamint kitermelést–betáplálást mérik és rögzítik. A másik tároló — a rezervoár külső részeit reprezentálva — csatlakozik az utántöltési forráshoz, sem termelés, sem betáplálás nem történik, ez a tároló csak utántölti a központi tárolót.

A folyadék kitermelése nyomáscsökkenést okoz a rezervoárban, ami folyadék beáramlást indukál a rezervoár külső részeiből, tárolóiból a központi tárolóba. Az utántöltési forrás a geotermikus rendszer legmesszebb eső részeit jelenti.



2. ábra Geotermikus (mint két-tárolós, soros) rendszer részei (forrás: [3])

A két tároló, valamint az utántöltési forrás és a külső tároló közti vízáramlás különböző módon modellezhető.

A geotermikus rendszerek koncentrált paraméterű modelljei az úgynevezett tároló-megközelítésen alapulnak. A bemutatásra kerülő explicit analitikus megoldások is a rezervoárnyomás változását írják le.

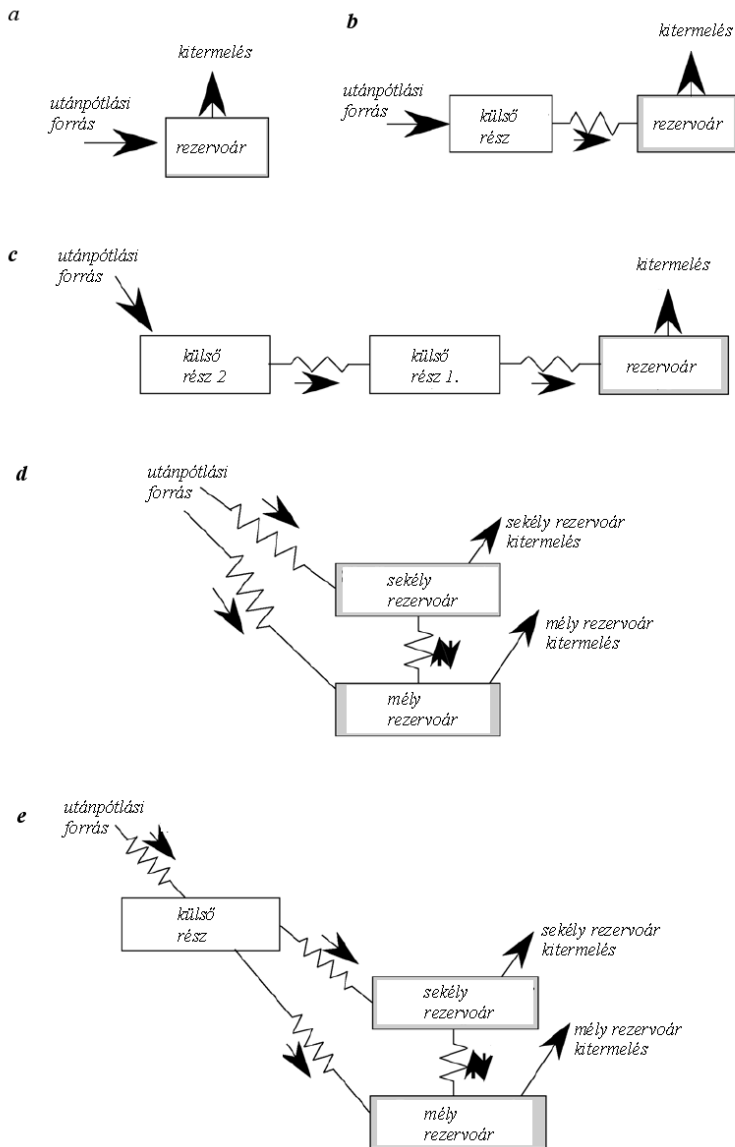
4. A MODELLEK ALKALMAZÁSA

A fentiekben röviden bemutatott geotermikus rezervoár modellezési eljárások eredményeit szemléltetjük az izlandi LAUGARNES mező példáján — a feldolgozott irodalmak alapján.

A LAUGARNES geotermikus mező Izland szigetének dél-nyugati részén helyezkedik el. A meglehetősen nagyméretű mező meleg kőzetrétege 700 ~ 1300 méter mélyen helyezkedik el, és a kitermelt melegvíze 115 ~ 135 °C hőmérsékletű.

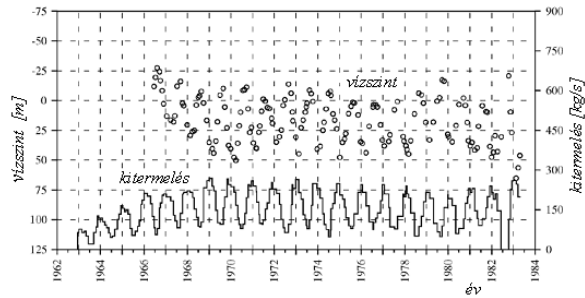
Az 1963 és 1982 közt gyűjtött adatokat felhasználva, melyeket egy mérőkút segítségével mértek, AXELSSON [1] munkájában szimulálta a geotermikus mező nyomásváltozását és becsülte meg annak kapacitását is (4. ábra). Az 5. ábra egy későbbi elemzés eredményeit szemlélteti. Látható, hogy a mező kitermelése az 1960-as években növekedésnek indult a szivattyúk alkalmazása következtében. Ennek hatására a rendszerben uralkodó nyomás 120 méteres vízszintesnek megfelelő csökkenést szenvedett el.

Érdekes még megtekintenünk a 6. ábrát is, amely több modellezési eljárás eredményét szemlélteti a 4. ábrával megegyező időintervallumban.

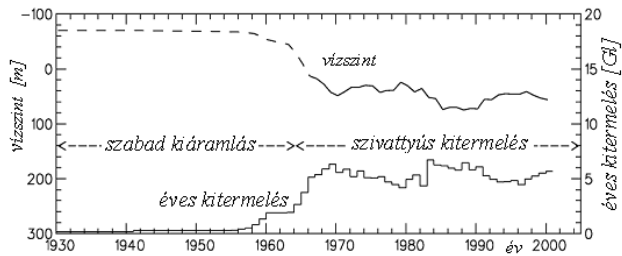


3. ábra Elterő koncentrált paraméterű rezervoár modellek (forrás: [5])

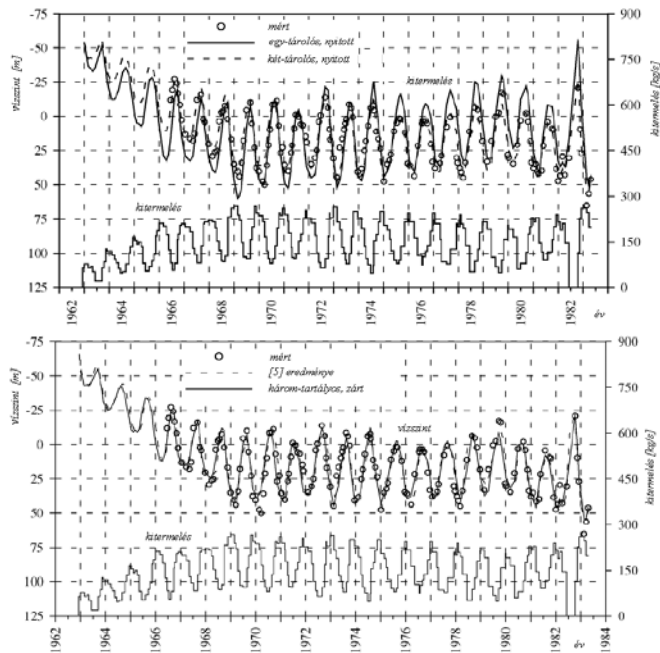
- (a) — egy rezervoár, utántöltési forrással (egy-tárolós nyitott modell);
- (b) — két tároló, utántöltési forrással/nélkül (két-tárolós nyitott/zárt modell);
- (c) — három tároló, utántöltési forrással/nélkül (három-tárolós nyitott/zárt modell);
- (d) — egy sekély és egy mély rezervoár utántöltési forrással (két-rezervoáros nyitott modell külső tároló nélkül);
- (e) — egy sekély és egy mély rezervoár külső tárolóval utántöltési forrással (két-rezervoáros nyitott modell egy külső tartállyal);



4. ábra A LAUGARNES geotermikus mező vízszint és termelési kapacitás változása 1963 és 1982 között (forrás: [5])



6. ábra A LAUGARNES geotermikus mező vízszint és termelési kapacitás változása 1930 és 2002 között (forrás: [2])



7. ábra Mért és modellezett adatok összehasonlítása (forrás: [2] és [5])

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Axelsson, Gundi – Zhilin Dong, The Tanggu Geothermal Reservoir (Tianjin, China), *Geothermics* Vol. 27, No 3, p. 271–294.
- [2] Axelsson, Gundi, Simulation of pressure data from geothermal Reservoirs by lumped parameter models, 14th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford, 1989.
- [3] Castanier, L.M., Sanyal, S.K., Brigham, W.E., 1980. A practical analytical model for geothermal reservoir simulation. In: *Proceedings of the 50th Annual California Regional Meeting of SPE*, SPE 8887, Los Angeles, CA, USA, April 9–11.
- [4] Gudmundur S. Bodvarsson – Karsten Pruess – Marcelo J. Lippmann, Modeling of Geothermal Systems, *Journal of Petroleum Technology*, September 1986, p. 1007–1021.
- [5] Hulya Sarak – Mustafa Onur – Abdurrahman Satman, Lumped-parameter Models for Low-Temperature Geothermal Fields and their Application, *Geothermics* 34 (2005) 728–755.
- [6] Kalmár, Ferenc, Fűtési rendszerek geotermikus hőforrásról, *Elektronikus Műszaki Füzetek* 4., *Műszaki Tudomány az Északalföldi Régióban Konferencia 2007.*, p. 31–37.
- [7] Pokorádi, László, Geotermikus rendszerek modellezése, kutatási jelentés, DE AMTC MK 2008., pp. 50.
http://www.mfk.unideb.hu/userdir/pokoradi/08_07.pdf

MODELING OF GEOTHERMAL RESERVOIRS

Several lumped-parameter models and modeling methods have been reported in the literature. The aim of this paper is to summarize English language literatures and to show the methodologies of the low-temperature geothermal fields and systems modeling and their application — in Hungarian.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Jelen tanulmány a *Geotermikus fűtési rendszerek optimalizálása program* részeként készült az *EGT/Norvég Finanszírozási Mechanizmus Alap* támogatásával — No **108-F-1** —, melyet ezúton köszön meg a Szerző.



GEOTERMIKUS PROJEKTEK MEGVALÓSÍTHATÓSÁGI FELTÉTELEINEK ELEMZÉSE, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A GAZDASÁGI FELTÉTELEKRE

JENEI Tünde

Debreceni Egyetem Műszaki Kar
Műszaki Menedzsment és Vállalkozási Tanszék
4028. Debrecen, Ótemető u. 2-4.
jeneit@mfk.unideb.hu

KIVONAT

A cikk magyarországi lehetőségekből kiindulva vizsgálja geotermikus projektek műszaki, gazdasági, jogi és egyéb feltételeit. Elemzésre kerülnek, un. gazdasági, és nem gazdasági kritériumok. A gazdasági értékeléshez hat rögzített modellprojekt szolgál alapul. Ezeknek az üzleti terveknek az eredményei megmutatják, hogy adott geológiai feltételek mellett, az ország különböző területein hol, melyik típusú projekt megvalósítása és üzemeltetése lehet gazdaságos. A nem gazdasági feltételek közül kiemelésre kerülnek a hazai geológiai paraméterek, melyek jelentősen befolyásolni tudják egy adott projekt költségeit, a másik fontos elemzési szempont, hogy a geotermikus kutak közelében megfelelő számú fogyasztó legyen jelen.

Kulcsszavak: geotermikus projektek, gazdasági, nem gazdasági feltételek, üzleti terv

1. BEVEZETÉS

A jelen tanulmánynak a célja, egy geológiai/geotermikus értékelési módszertan kidolgozásának feltételeit gyűjtse össze, hogy objektívvá tegye a döntéseket, egy-egy geotermikus energia felhasználási projekt végrehajtásához. Így különböző projekt helyszínek összehasonlíthatóak lesznek, illetve a műszaki, fogyasztói, jogi, adminisztratív, valamint a gazdaságossági megvalósíthatósági tanulmányok egy bizonyos mértékig szűkítik azoknak a helyszíneknek a számát, ahol ezek a beruházások létrejöhettek.

Az egyes régiók, geotermikus lelőhelyek, helyszínek között, azok geotermikus energiatermelésre való felhasználási lehetőségeinek geológiai és műszaki jellemzőinek értékelése, összehasonlítása folyamán, különbséget kell tenni a gazdasági és nem gazdasági feltételek között. Mindkét szemponthoz olyan a paraméterek kerültek meghatározásra, amelyek megfelelően definiálják egy adott terület alkalmasságát a geotermikus energianyerésre és felhasználásra. Az összegyűjtött feltételek, kritériumok később egy ún. értékelő mátrixban kerülnek felhasználásra.

A nem gazdasági területekhez tartoznak a következő szempontok:

- a. A lelőhely geológiai, geotermikus és rezervoár mechanikai értékelése.
- b. Az áram- és hőtermelés fogyasztói potenciáljának értékelése.

A gazdasági, pénzügyi feltételek közül nagyon fontos kiemelni az alábbiakat:

- a. A geotermikus energiatermelés felszín feletti létesítményeinek költségei.
- b. A fúrások befektetési ráfordításai.

A gazdasági feltételek között vesszük figyelembe a különböző jogi-közigazgatási körülményeket, illetve azt, hogy ezek hogyan befolyásolják egy projekt megvalósíthatóságát.

2. GEOLÓGIAI-MŰSZAKI PARAMÉTEREK

Az egyes régiók, helyszínek értékeléséhez az alábbi négy geológiai összehasonlító paraméter került meghatározásra.

1. A rezervoár termelékenységének értékelése

- termelékenységi index, vagy áteresztőképesség ($k_f \cdot M$).

2. A rezervoár hőmérséklete

3. A visszasajtolási kockázat értékelése

- agyag- és iszaphányad (részecske mobilizálódás kockázata),
- kritikus ásványok telítettségi indexei,
- kezdeti kinyerési mennyiség csökkentése.

4. A fluidum kezelése, ennek értékelése

- szalinitás (sótartalom),
- gáztartalom,
- gázösszetétel (CO_2 , CH_4 , stb.).

Amikor a geotermikus áramtermelés lehetőségét vizsgáljuk, az infrastrukturális szempontok kevésbé fontosak. A figyelembe veendő legfontosabb kritériumok, a lehető legmagasabb termálvíz hőmérséklet, és a vízáramlási sebessége. Egyedül egy középfelesztésű hálózatba történő betáplálás lehetőségét kell megvizsgálni az adott geológiai forrás területén.

Ugyanúgy, mint a geotermikus hő- és áramtermelés, a geotermikus hőellátás is feltételezi, a megtermelt hő helyi értékesítési lehetőségeinek felmérését. A hő lényegében helyhez kötött energia.

Elsősorban az alábbiakban felsorolt szempontok határozzák meg a geotermikus hőellátás alkalmazásának lehetőségeit:

- fogyasztói kör koncentráltsága az adott forrásterületen (lehetséges kapacitásjellemzés),
- jellemző épületek az adott forrásterületen (a fejlesztési ráfordítások mértékeként),
- épületek állapota,
- jellemző külső körülmények, melyek meghatározzák a fogyasztók hő felhasználási szokásait (külső hőmérséklet, annak időbeli változása, stb.).

Az adott területen meglévő távhőellátó rendszerek meglétének nincs jelentősége a fogyasztói potenciál meghatározása szempontjából. A fogyasztói potenciál értékeléséhez az alábbi mutatók kerültek kiválasztásra:

- a környező területi jellemzők,
- az adott települési jellemzők,

- épületek állapota,
- éves fűtési napok száma.

A „környező területi jellemzők” vizsgálatának esetén a geotermikus létesítmények legkedvezőbb alkalmazási feltételeit, azaz a kialakítható hálózatsűrűség, maximális kihasználási óraszámát lehet megadni.

A „települési jellemzők” mutató számítása, a fogyasztói sűrűség értékelésére irányul, mely jelentősen befolyásolja a távhőhálózat nagyságát.

Az „épületek állapota” paraméter befolyásolja a hőtermelés mennyiségének nagyságát.

Az „éves fűtési napok száma” tényező meghatározásával figyelembe vételre kerül az adott régió, település időjárási viszonyai, ami befolyásolja a megtermelt hő értékesítésének időszakos mennyiségét.

3. GAZDASÁGI- MŰSZAKI PARAMÉTEREK

A geotermikus energiatermelés feltételeinek értékeléséhez kapcsolhatóak olyan műszaki feltételek, amelyek pénzügyileg számszerűsíthetőek, ezért a beruházási költségek között az üzleti tervben szerepeltethetők ezek a következők:

- a. A geotermikus energiatermelés felszín feletti létesítményeinek költségei:
 - termálvíz körfolyam,
 - áramtermelő berendezések,
 - hűtővíz körfolyam,
 - távhő kivonás,
 - hagyományos kazános hűtőberendezés,
 - távhő elosztás.
- b. A fúrások befektetési ráfordításai.
 - időfüggő költségek,
 - anyagköltségek,
 - fúrási hely felállítása, mozgatása, lebontása.

Az időfüggő költségek fő költségrészét a mélyberendezés felállítási költségei tartalmazzák, beleértve a fúrófelszerelést és a munkát végzők bérköltségét.

A gazdasági kritériumok között figyelembe kell venni a jogi és adminisztratív feltételeket. A lehetséges befektető szempontjából ezek is jelentőséggel bírnak akkor, ha Magyarországon kíván befektetni. Az előzőekben felsorolt szempontok általánosak, gyakorlatilag bárhol figyelembe vehetők. Azonban az alábbi jogi problémák, kérdések inkább vonatkoznak a magyarországi viszonyokra.

1. Van-e kizárólagos, jogi biztosíték, amely egy geotermikus erőforrás kutatási jogát, a kutatási koncessziót (egy kutatási mezőre vonatkozóan) a tulajdonosa számára biztosítja?
2. Van-e hosszú távú jogi biztosíték, amely egy erőforrás kiaknázásának jogát egy kutatási koncesszió tulajdonosának garantálja?

3. Szükséges-e, hogy a beruházó egyidejűleg a vonatkozó terület - ahol a geotermikus rezervoár fekszik, tulajdonosa is legyen?

Tovább elemezve egy geotermikus projekt megvalósíthatóságának lehetőségeit, újabb kérdések merülnek fel.

1. Van-e garantált hosszú távú betáplálási megtérítés, egy beruházás szempontjából ez kb. húsz év?
2. Van-e lehetőség a betáplálási megtérítés esetén a nettó áramtermelés megtérítése helyett a bruttó termelés figyelembe vételére?
3. Lehet-e a betáplálási megtérítés összegét növelni, így gazdaságosabbá tenni a geotermikus áramtermelési projekt megvalósítását?
4. Lehetséges-e a távhő árának piaci árszabályozására?

A nagyon fontos gazdasági szempontok merülnek fel, akkor, amikor a jogi kérdések megfogalmazása mellett keressük a válaszokat a különböző közigazgatási kérdésekre is. Ezek már az állam szerep vállalását, illetve annak hajlandóságát feltételezik. Mennyiben kíván részt venni az állam különböző geotermikus projektek megvalósításában? Hogyan kíván azokban jelen lenni, befektetőként, vagy különböző kedvezmények, támogatások biztosításával? Milyen típusú projekteket támogatna (csak áramtermelő, hő- és áramtermelő, csak hőtermelő)? A megfogalmazott kérdésekre adott válaszok meghatározzák például:

- a befektetés biztonságát,
- a fúrásokkal kapcsolatos kockázat nagyságát, (létezik-e hozambiztosítás).

A fentiekben felsorolt paraméterek megadásával, a felmerült kérdések megválaszolásával, meg lehet határozni egy adott helyszín vagy rezervoár jellemzőit egy geotermikus beruházás szempontjából. A jellemzők közül, amelyek számszerűsíthetők, bekerülnek a projekt üzleti tervébe. Azonban az üzleti terv eredményei mellett a nem pénzügyi kritériumokat, a jogi, közigazgatási feltételeket is figyelembe kell venni.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Rödl& Partner: Benchmark Study – Geothermal Power and Heat Generation in Hungary 2005.
- [2] European Geothermal Energy Council <http://www.egec.org/>

ANALYSIS OF FEASIBILITY CRITERIA OF GEOTHERMAL PROJECTS ESPECIALLY IN CONSIDERATION OF THE MONETARY CRITERIA

This article provides a contribution to objectify the basis for decisions on the implementation of geothermal energy projects. Furthermore, a detailed and comprehensive evaluation of geological/geothermal, technical, economic, legal and administrative conditions for such projects in Hungary is carried out.

Elaboration of geological/geothermal evaluation methods for the suitability of hydrogeothermal reservoirs aims to objectify the basis for decisions on the implementation of geothermal energy projects. On the one hand different possible locations become comparable and on the other hand the investigation of technical, consumer, legal and administrative conditions as well as economic feasibility studies can be restricted to regions with a certain degree of suitability.

In benchmarking and comparison of geothermal energy production conditions the geological, geothermal and energy technical criteria of reservoirs or locations can be divided into monetary and non-monetary criteria.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a 108-F-1sz. „Optimization of geothermal heating systems” c.– az EGT és a Norvég Alap által finanszírozott – projekt keretében valósult meg.



GEOTERMIKUS ENERGIA AZ ENERGIAELLÁTÁSBAN MAGYARORSZÁGON

HALÁSZ Györgyné

DE AMTC MFK 4028 Debrecen, Ótemető u. 2-4.
halaszne@yahoo.com

KIVONAT

A cikk magyarországi geotermikus adottságok legfontosabb jellemzőinek ismeretében, a geotermikus energia, energiaellátásban történő hasznosításának lehetőségeit foglalja össze. Elsősorban a villamos energia termelésben és a hőellátásban való alkalmazások rendszerezésével foglalkozik.

Kulcsszavak: geotermikus energia, ORC, Kalina körfolyamat, geotermikus energia a hőellátásban

1. MAGYARORSZÁG GEOTERMIKUS ADOTTSÁGAINAK LEGFONTOSABB JELLEMZŐI

A geotermikus energia a megújuló energiaforrások egyik fajtája. Hogy a megújulók valóban megújulóknak tekinthetők-e, az függ attól, hogy milyen ütemben, intenzitással termeljük ki, használjuk fel őket, és milyen ütemben és intenzitással pótlódnak.

A termelőkutak alkalmazásával (akár hévíz termelésével, akár valamilyen közvetítő anyag keringtetésével) azaz konvektív hőszállítással a mélyben összegyűlt hőt sokkal hatékonyabban tudjuk kitermelni, mint ahogyan az a mélyből, konduktív hőáramlással utánpótlódik. *Ezért talán elgondolkodtató, és elfogadható az a megállapítás, hogy a geotermikus energia korlátozottan megújuló energiaforrás.*

A földi hőáramot hasznosító szakemberek számára a geotermikus energia következő paraméterei fontosak és meghatározóak:

- geotermikus gradiens,
- konduktív hőáramsűrűség,
- a pólusvizek mélysége és hőfoka,
- rétegnyomás,
- fluidum kitermelhető, várható mennyisége.

A geotermikus gradiens átlagértéke Földünkön 30 °C/km , hazánkban azonban eléri az 50 °C/km átlagos értéket. A geotermikus gradiens teljes fűrésokra vonatkozó maximális értékei megközelítik a 60 °C/km értéket (Kaba EK-1, Hajdúszoboszló-6, Edelény E-475).

Szűkebb hazánkban, Debrecenben az 1000 m körüli vízádszintekben elérhető vízhőfok $55\text{--}75\text{ °C}$. Egy kút telepítésekor a várható vízhozam $500\text{--}600\text{ l/perc}$ körüli, így a kitermelhető energia hőteljesítménye $1,5\text{--}2\text{ MW}$. Az ebből kinyerhető energia tényleges mennyiségét az alkalmazott eljárások határozzák meg. Magyarországon a konduktív hőáramsűrűség eléri a 100 mW/m^2 [9].

2007 elején Magyarországon 947 darab 30 °C -nál melegebb kifolyó vizű termelőkút működött, ennek közel felét balneológiai célra használták, 23 %-át a mezőgazdaság hasznosította, 20 %-át vonták be a vízközműi szolgáltatásba. Az 1409 kút közül

csupán 5 azon kutak száma, amely 100 °C-nál nagyobb kifolyó víz hőmérsékletű (Liebe 2007).

A geotermikus energia felhasználhatóságát alapvetően meghatározza a kitermelt fluidum hőmérséklete, entalpiája.

2. GEOTERMIKUS ENERGIA AZ ENERGIAELLÁTÁSBAN

Ahhoz, hogy a geotermikus energiát felszínre tudjunk hozni, valamilyen hőhordozó közegre van szükség. Ez leggyakrabban víz, illetve vízgőz. Mivel a fluidum részben vagy egészben gőz halmazállapotú lehet, a geotermiában a hőfok mellett „kis-, közepes vagy nagy-entalpiájú” forrásokról is szokás beszélni.

A geotermikus energia hozzáférési lehetősége, felszínre hozása, „bányászata” történhet:

- A permeabilis üledékből természetes repedésen keresztül a felszínre feltörő hévíz, gejzír fluiduma, annak alkalmas befogadásával.
- Klasszikus módon, fúrt kutakon keresztül felhozható hidrotermális folyadék vagy gőz kitermeléssel.
- HDR (Hot Dry Rock = "forró száraz kőzet") technológiával.
- Különleges technológiával 4–6 km mélységből, mélyfűrésű kutakból közvetlenül vagy közvetett módon, nagy hőmérsékletű, nagy entalpiájú gőzzel.
- Az 50–150 m mélységű földszondás rendszerekkel víz, glikolos víz, sóoldat, vagy hűtőközeg közvetítő közeggel, zárt rendszerben, alacsony hőmérséklet szinten, hőszivattyúk segítségével.

A geotermikus energia hasznosításának az energiaellátásban két nagy területe van:

- a villamosenergia-termelés és
- a hőhasznosítás.

A bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény végrehajtásáról készült 203/1998 (XII. 19.) Korm. rendelet (Vhr.) 34. §) szerint nem minősül energetikai célú hasznosításnak a geotermikus energiának gyógyászati, balneológiai, valamint vízellátási célokra való felhasználása, még abban az esetben sem, ha azt másodlagos felhasználással energetikai célra is hasznosítják.

2.1. Geotermikus energia a villamosenergia-termelésben

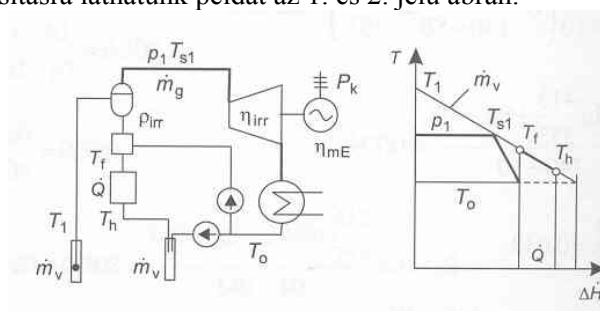
Ahhoz, hogy a geotermikus energiát villamosenergia-termelésre használjuk, előfeltétele hogy a primerenergia-forrásként szóba jöhető geotermikus energia megfelelő hőmérsékletű, entalpiájú fluidummal kerüljön felszínre, és kellően koncentráltan és kellő mennyiségben álljon rendelkezésre. Napjaink technikai fejlettségi szintjén gazdaságosan kiaknázzható geotermikus "hőforrások" általában 3000 méternél kisebb mélységben találhatók. Ilyen energiaforrások Izlandon, Új-Zélandon, az Amerikai Egyesült Államokban, Olaszországban, Oroszországban és Délkelet-Ázsiában találhatók, s mindenütt az ún. aktív lemezszegélyek magmatizmusával hozhatók összefüggésbe [9].

A geotermikus erőművek előnye, hogy képesek folyamatos energiatermelésre, egyes más megújuló erőforrást használó energiatermelési módoktól eltérően nincs a

termelésnek napi, évszakos vagy időjárásfüggő ingadozása. Változhat azonban a rétegnyomás, a fluidum időegység alatt kitermelhető mennyisége, geokémiai jellege. Villamosenergia-termelési célokra száraz gőz, nedves gőz, illetve forróvíz fluidummal felszínre jutó geotermikus energia egyaránt hasznosítható. A 150–180 °C-nál kisebb hőmérsékletű forróvíz illetve gőz nem kifejezetten erőművi forrás, de ismertek azok a műszaki megoldások, amelyek alkalmazásával 100 °C feletti közeggel is termelhetünk villamos energiát.

A geotermikus energia villamosenergia-termelés célú hasznosításának főbb technológiái a következők:

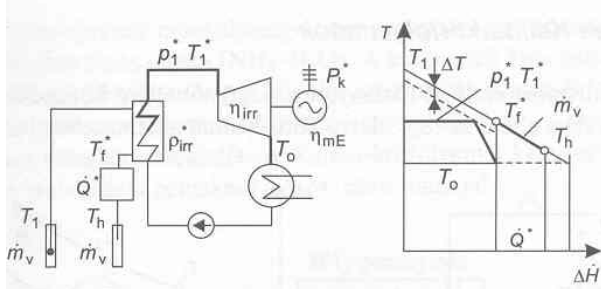
- túlhevített (száraz) gőzzel működő, erőművi körfolyamattal,
 - közvetlen kigőzölögtetéssel, és egy illetve két-nyomású közvetett gőztermeléssel működő körfolyamattal,
 - kettős ciklusú erőművi körfolyamattal megvalósított technológia (ORC, Kalina).
- Egyfokozatú, közvetlen és közvetett kigőzölögtetéssel történő kis hőmérsékletű termálvíz hasznosításra láthatunk példát az 1. és 2. jelű ábrán.



1. ábra Termálvíz hasznosítása egynyomású közvetlen kigőzölögtetéssel [3]

Közvetlen kigőzölögtetésnél a termálvíz sótartalmának bizonyos része a gőzbe, illetve a nyitott körfolyamatú gőzerőműbe kerül. Emiatt nagy sótartalmú termálvíznél a kigőzölögtetés nem engedhető meg.

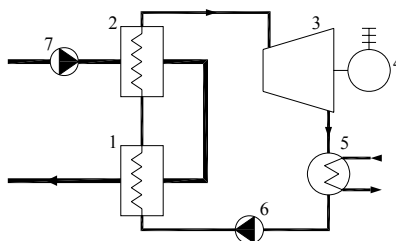
A gőz elsózódása elkerülhető, ha a gőzt egy fokozatban, közvetett módon termálvíz-fűtésű gőzfejlesztőben termeljük.



2. ábra Termálvíz hasznosítása egynyomású közvetett gőztermeléssel [3]

A Szerves Rankine Körfolyamat (Organic Rankine Cycle - ORC) (3. ábra) hasonló a hagyományos gőzkörfolyamathoz, egyedül a turbinát meghajtó közeg eltérő, ami

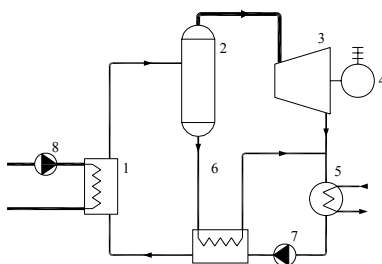
ammónia, vagy nagy molekuláris tömegű szerves fluidum (freon, propán, bután, vagy más, környezetbarát hűtőközeg). Az alkalmazott folyadékok lehetővé teszik, hogy már az alacsonyabb hőmérsékletű hőforrásokat is hatékonyan kihasználjuk, és segítségükkel eltérő teljesítményű (néhány kW-tól több MW-ig) elektromos energiát állítsunk elő. A termálvízzel fűtött hőcserélőben termelt pl. freon-gőzzel turbinát hajtanak, az expandált gőzt hűtővízzel kondenzáltatják, és a freon kondenzátumot visszatáplálják a hőcserélőbe. Ezeknek az ORC rendszereknek a hatásfoka alapvetően a geotermikus forrás és a hűtővíz hőmérsékletétől függ. [3] A működő egységek hatásfoka 8–20 % között van. Az OECD / IEA statisztikák, ha nincs specifikus adatuk, *geotermikus erőműveknél átlagban 10% hatásfokkal számolnak.*



3. ábra ORC körfolyamat

1 előfűtő, 2 utófűtő termálvíz fűtésű gőzhelvíző, 3 turbina, 4 generátor, 5 kondenzátor

A *Kalina-körfolyamat* munkaközege nem homogén, hanem kettős közeg, pl. ammónia és víz keveréke. A különböző koncentrációjú keverék forrási hőmérséklete képes követni a termálvíz hőmérsékletének változását, ezzel csökkentve a hőközlés irreverzibilitását, és növelve a hőközlés termodinamikai átlaghőmérsékletét (4. ábra.) [3].



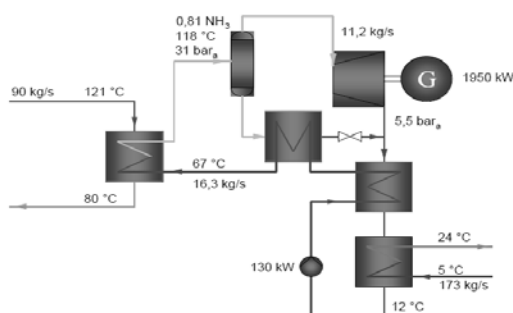
4. ábra Kalina körfolyamat

1 elpárolgató, 2 szeparátor, 3 turbina, 4 generátor, 5 kondenzátor,
6 előfűtő hőcserélő, 7 és 8 szivattyú

A forró termálvíz az elpárolgatóban az ammónia-víz elegyet részben elgőzölteti. A nedves gőz a szeparátorba jut, ahol elválak a telített gőztől a folyadék. Az ammóniában feldúsult telített gőz tovább áramlik a gőzturbina felé, a leválasztott melegvíz pedig a hőcserélőben (rekuperátorban) előmelegíti a hideg folyadékelegyet. A turbinába beömlő gőz, miközben expandál a gépben, hőenergiáját leadja, ami mozgási energiává alakul, amit a generátor elektromosáram-termelésre fordít. A

rekuperátorból kilépő vizet a turbinából kilépő nedves gőzbe vezetik, ekkor a keveredés mellett az ammónia abszorpciója is végbemegy, a nedves gőz pedig az ellenáramú kondenzátorban lecsapódik. A kondenzátorban a hűtővíz, a gőz rejtett hőjét átvéve és így felmelegedve további célokra (pl. fűtés) használható fel. [3]

A 2000-ben üzembe helyezett *izlandi husaviki* geotermikus erőmű 2 MW teljesítményű fűtőerőmű, amely 90 kg/s 120 °C hőmérsékletű termálvizet használ fel. A kilépő 80 °C hőmérsékletű vízzel lakásokat fűtenek (5. ábra).



5. ábra Kalina körfolyamat üzemi paraméterekkel (Izland, Husavik)

Magyarországon jelenleg a geotermikus energiát az energiaellátásban kizárólag hőhasznosításra fordítják, villamosenergia-termelés nincs, ez utóbbira jelenleg még csak egy kísérleti projekt született (MOL Rt. Iklódbördöce), miközben a világon már 2006 végén mintegy 440 geotermikus erőművi blokk működött, közel 9 ezer MW összkapacitással.

Megvan annak a lehetősége is, hogy a kis entalpiájú geotermikus energiát bevonjuk a villamosenergia-termelésbe, a hagyományos módoktól eltérően. A geotermikus energiát szállító hőhordozó közeg hőmérsékletétől, entalpiájától függ, hogy hol léptetjük be egy modern gáz/gőz körfolyamatú rendszerbe. A földgáz alapú kombinált ciklusú gáz- és gőz körfolyamat közismerten nagy hatásfokkal rendelkezik. Közel 60 % nettó hatásfokot is el lehet ma már érni, és a jövőben a technológia fejlődése révén további hatásfokjavulás várható. Az alkatrészek kényszerhűtésével a gázturbinába belépő ISO 2314 (θ_{ISO}) szerint számított hőmérséklet megemelhető és ezáltal a folyamat hatásfoka javítható.

A geotermikus energia hasznosítása történhet -attól függően, hogy a fluidum milyen entalpiájú, milyen hőmérsékletű-, például a gőz turbina közegének előmelegítésére, illetve a nedves kompresszióban a komprimált levegő hűtésére. [10]

2.2 Geotermikus energia a hőellátásban

A közepes és kis entalpiájú geotermikus energiát kiválóan hasznosíthatjuk a központosított hőellátásban. A hőhasznosítás történhet termálvíz kitermeléssel és kitermelés nélkül. A kis hőmérsékletű kitermelés nélküli rendszerek az 50–150 m mély földszondákkal működő hőszivattyúk. Kis hőmérsékletű termálvíz kitermelése esetén

is alkalmazhatunk hőszivattyú berendezéseket csakúgy mind a kitermelt nagy hőmérsékletű termálvíz többcélú hasznosítása esetén, amikor a folyamat végén a 20-30 °C hőmérsékletű termálvíz hőenergiáját is hasznosítani szeretnénk a visszatáplálás előtt.

2.2.1 Hő hasznosítás termálvíz kitermeléssel

A központosított hőellátás termálvízzel történhet:

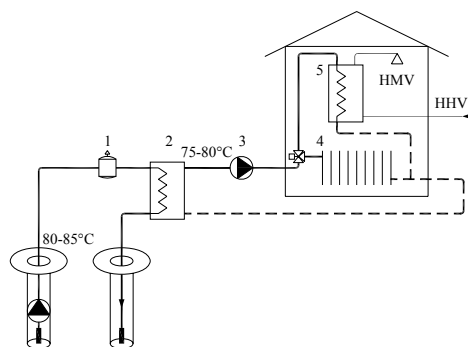
-*Közvetlenül*, amikor a termálvíz kedvező fizikai és kémiai tulajdonsággal rendelkezik, nem hajlamos üledékképzésre, nem fejt ki korróziós hatást a csővezetékerekre, berendezésekre. A termálvíz ebben az esetben közvetlenül a fogyasztóhoz jut. Ebben az esetben a termálvízzel közvetlenül fűthetjük az épületeket és elláthatjuk a használati melegvízes berendezési tárgyakat. [10]

-*Közvetetten*, amikor a termálvíz kedvezőtlen kémiai és fizikai tulajdonsággal rendelkezik. Ebben az esetben termálvíz a hőhasznosításban mint primer közeg szerepel és hőcserélő közbeiktatásával megfelelően kezelt szekunder közeg szállítja a hőt a fogyasztóhoz (6. ábra).

A termálvíz termelőkútból való kivétele, és a hasznosítási rendszer kapcsolata alapján a geotermikus rendszer lehet:

-*Nyitott*, ha a termálvíz a termelő kútból való kivétel majd hasznosítás után közvetlenül a víztárolóba, vagy közvetlenül elvezetőcsatornába kerül. A termálvizet a saját túlnyomása vagy szivattyú juttatja a fogyasztóhoz, és lehűtése után jut a befogadó víztárolóba.

-*Zárt*, ha a felhasznált termálvíz visszatápláló furaton visszasajtolással jut az eredeti víztartó rétegekbe.



6. ábra Használati melegvíz előállítására és épület fűtésére szolgáló rendszer
1-gázleválasztó, 2-hőcserélő, 3-szivattyú, 4-hőleadó, 5-HMV tároló

Egyes szakirodalmak zárt rendszerű hőbányászat alatt azt a technológiát értik, amely szerint a rezervoár energiáját egy zárt rendszerben keringetett fluidum veszi fel, és ez a fluidum juttatja fel a hőenergiát a felszínre. Így a rétegnomás alig csökken, a felszín alatti vizek oldottanyag-tartalma nem, vagy minimálisan változik, és nem jut a felszínre, így a kútszerelvényekben, hőcserélőben stb. nincs korrózió és vízkőképződés. Zárt rendszerben termelnek a hőszivattyús rendszerek (pl. vertikális

szondák) jelentős része és néhány egyedi kivitelezésű mélyhőszonda, melyek energiája akár áramtermelésre is alkalmas lehet (Kovács-Kozák 2007).

Magyarországon a kitermelt termálvizek sótartalma, vegyi alkata a közvetlen hő hasznosítást nem teszi lehetővé. A kizárólag energia hasznosítás céljából kitermelt termálvizet –219/2004. (VII.21.) Korm. rendeletben megfogalmazottak szerint – vissza kell táplálni, így a nyitott rendszer sem megfelelő műszaki megoldás.

2.2.2 Hő hasznosítás termálvíz kitermelés nélkül

A geotermikus energia kitermelés nélküli hőellátásban történő hasznosítása lehet:

- zárt, indirekt típusú, víz primer közeggel (földszondás primer körű hőszivattyúval),
- direkt elpárolgató, hűtőközeggel.

Földszondákkal történő hőhasznosításkor az 50-200 m mélyre fűrt föld szondákkal részben a napsugárzásból származó hőnyereséget, részben a geotermikus energiát hasznosítjuk. Normál hidrogeológiai feltételek mellett középeurópában a földhőszondás berendezésnél 50 W/m szondahossz átlag szondateljesítménnyel lehet számolni. Ez az érték azonban a helyi adottságok (talaj összetétel, földrétegek adottságai) ismeretében korrekcióra szorul.

*Termálvíz kitermelés nélküli direkt elpárolgató rendszer*nél a talajban elhelyezett csőrendszer maga az elpárolgató. Némely országokban kizárólag fűtési céllal, kísérleteznek ezzel a kialakítással. Ebben az esetben a csővezetékekben nem közvetítő közeget (vizet, sóoldatot, glikolos oldatot) keringtetnek, hanem hűtőközeget, amelyet a hőszivattyú kompresszora keringtet. A csőhálózatot általában vékony (1 mm) műanyag bevonatos 12-14 mm átmérőjű rézcsőből építik. A műanyag bevonat megvédi a vezetéket a korróziótól. Ennek a rendszernek az előnyei a következőkből adódnak:

- a talaj oldali hőcsere direkt, a keringetett hűtőközeggel történik, kiiktatva egy lépcsőt,
- nem szükséges a talaj oldali hőcserélőben a közeg keringetésére még egy szivattyút alkalmazni, amely lerontja a rendszer energetikai hatékonyságát, ugyanis a hűtőközeget maga a kompresszor keringeti,
- a rézcsövek hőátadása sokkal jobb, mint a vizes rendszereknél alkalmazott KPE csöveké, ezért rövidebb szakaszokra van szükség, kevesebb földmunkával kialakíthatóak.

A rendszer hátránya, hogy nagyon sérülékeny, és rendkívül nehezen javítható. Ha a talajszonda megsérül, elszökik a hűtőközeg. A talajban elhelyezett csőhálózat nehezen hozzáférhető és javítható, nehéz a szivárgást megtalálni.

GEOTHERMAL ENERGY IN THE ENERGY-SUPPLY OF HUNGARY

Although Hungary has significant geothermal energy resources well-known in the world, heat-flow density and geothermal gradient value is high; there are no high enthalpy geothermal fields. According to deep borings rock temperature of 200 °C can be reached between 3000-4000 meters in most parts of Hungary, which is in the layer of crystalline and carbonate rocks. At today's technical and technological standard in the production of fluid based (below 200 °C) electrical energy it can be only used in so-called hybrid systems. Low enthalpy geothermal energy of Hungary can be an

excellent source of heat supply.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Barótfi I.: Energia felhasználói kézikönyv, Környezettechnika Kft. Bp. (1993):
- [2] Sembery P.-Tóth L.: Hagyományos és megújuló energiák, Szaktudás Kiadó Bp. (2004)
- [3] Büki G.: Kapcsolt energiatermelés, Műegyetem kiadó, Bp. (2007)
- [4] 54/2008 (III.20) Kormányrendelet] [Bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény végrehajtásáról szóló 203/1998 (XII. 19.) Korm. rendelet (Vhr.) 34. §)
- [5] Kontra J.: Hévízhasznosítás. Műegyetemi Kiadó (2002)
- [6] H. Müller: Technische Thermodynamik Wismar. (2000)
- [7] Büki G.:Energetika, Műegyetem kiadó, Bp. (1997)
- [8] Ulrich Franke: Dampfinduzierter GuD-Prozess mit Einkopplung von Niedertemperaturwärme. Tanulmány (2005)
- [9] Kovács M.-Kozák M.: New application of geothermal energy-ACTA GGM-CINA (2007) Geology, Gemorphology, Physical Geography Series 2., pp 209-216.
- [10] Halász Gyné. -Kozák M.-Kalmár F.-Buday T.-Papp I.: A hő és távhőellátási célú geotermikus energia hasznosítás nemzetközi és hazai gyakorlatának ismertetése. Geotermikus energia debreceni távhő rendszerben történő hasznosítási lehetőségeinek vizsgálata. Tanulmány.(2008)
- [11] Böszörményi L.:A földgáz és földhő kapcsolt felhasználásának lehetősége Kassa energiaellátásánál. XIV. Épületgépész-és gépész konferencia, Debrecen (2008)

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a 108-F-1sz. „Optimization of geothermal heating systems” c.– az EGT és a Norvég Alap által finanszírozott – projekt keretében valósult meg.



A BIOHAJTÓANYAGOK SZEREPE A KLÍMAVÁLTOZÁSBAN ÉS AZ ENERGIAGAZDÁLKODÁSBAN

FARKAS Ferenc

Szolnoki Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Fakultás
Gépészeti Tanszék
5400 Mezőtúr, Petőfi tér 1.
farkas@mfk.hu

KIVONAT

A Föld átlaghőmérséklete 1906 óta 0,74 °C-kal nőtt és az évszázad végére további 1,4-5,6 °C-ot fog emelkedni. Ha az emberiség azonnal meg tudná szüntetni az üvegházhatású gázok kibocsátását, akkor is valószínűsíthető 2°C hőmérséklet-emelkedés. A fosszilis energiaforrások készleteinek beszűkülése miatt az igények kielégítése a meglévő, hagyományos energiaforrások hatékonyabb felhasználásával való takarékoság mellett a megújuló energiaforrások fokozottabb használatbavételével lesz megoldható. A Szolnoki Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Fakultásán Mezőtúron egy NKFP pályázat keretében összehasonlító motorféktermi és emissziós vizsgálatokat végeztünk különféle növényolaj alapú hajtóanyagok, illetve repcemetilészter 10 %-os gázolajos keverékével és gázolaj – mint etalon – hajtóanyaggal.

Kulcsszavak: energiapolitikai irányváltás, globális felmelegedés, importfüggőség csökkentése, megújuló energiaforrások, biohajtóanyagok

1. BEVEZETÉS

A Föld átlaghőmérséklete 1906 óta 0,74 °C-kal nőtt és az évszázad végére további 1,4-5,6 °C-ot fog emelkedni. Ha az emberiség azonnal meg tudná szüntetni az üvegházhatású gázok kibocsátását, akkor is valószínűsíthető 2 °C hőmérséklet-emelkedés. Azonban 3 °C hőmérséklet-emelkedésnél az ökoszisztéma már fel fog bomlani, az édesvíz hiánya és az éhínség a népesség százmillióit fogja sújtani.

Közismert, hogy Magyarország a Kyotói Egyezményben 6 %-os CO₂ csökkentést vállalt 2012-ig. Szakértők szerint a globális felmelegedés okozta károk hazánkban évente mintegy 150-180 milliárd forintra tehetők, míg világviszonylatban a klimatikus károsodás évi 310 Mrd Euro-ra becsülhető. Jelenleg a légkör átlagos CO₂ tartalma 380 ppm, mely évente 2 ppm-mel nő. A klímaváltozás elkerülése érdekében a CO₂ koncentrációt 350 ppm értéken kellene tartani. [3]

A 2008. decemberében Poznanban tartott ENSZ éghajlatváltozási konferencia előtt Sztavrosz Dimasz, az EU környezetvédelmi biztosa arról nyilatkozott, hogy a Kyotóban megfogalmazott kibocsátási célkitűzések 2012-ben esedékes lejártá utáni időszakra a klímaváltozás merész és átfogó kezeléséről kell rendelkezni. Az egyezmény alapján a fejlett államoknak az üvegházhatást fokozó gázok kibocsátását 2020-ig drasztikusan csökkenteniük kell, ugyanakkor műszaki és pénzügyi segítséget kell nyújtaniuk a fejlődő országoknak az alacsonyabb CO₂ kibocsátással járó fejlődési pályára történő áttéréséhez. Az EU ezért mielőbb meg szeretne állapodni a 2020-as és 2050-es tervezett célokról. [6]

Napjainkban a nemzetközi és hazai energiapolitikában elengedhetetlen stratégiaváltásra van szükség azért, hogy az energiapolitika három alappilléreinek (ellátási biztonság, versenyképes árszint, fenntarthatóság) zökkenőmentes

működtetésével biztosítani lehessen a jövő generációk megbízható energiaellátását [1]. A világ energiaszükséglete 2050-ig várhatóan 60 %-kal emelkedik, miközben a népessége 9 mrd főre nő.

A fosszilis energiaforrások készleteinek beszűkülése miatt az igények kielégítése a meglévő, hagyományos energiaforrások hatékonyabb felhasználásával való takarékoság mellett a megújuló energiaforrások fokozottabb használatbavételével lesz megoldható.

A feltárt 143 Mrd t kőolaj-készlet jelenlegi kitermelés mellett mintegy 40 évre elegendő. Ugyanakkor a világ energiaigényének növekedése miatt a kőolaj iránti igény évente mintegy másfél százalékkal nő. [5]

Szintén nagy problémákat okoz az ismert kőolajkészletek egyenlőtlen eloszlása és az ellátás bizonytalansága is. Az ismert kőolajkészletek mintegy 70 %-a úgynevezett válságövezetekben található, illetve politikailag instabil országokból (Közel-Kelet) kerül kitermelésre.

A Greenpeace és az Európai Megújuló Energia Tanács (EREC) 2008 novemberében „Energiaforradalom” címmel kiadott közös jelentése szerint a megújuló energiaforrásokra történő áttérés csökkentheti a jelenlegi pénzügyi válság következményeit és segítheti a világgazdaság élénkítését. A tanulmány kitér arra is, hogy meg kellene szüntetni a fosszilis és nukleáris energiák állami támogatását, ill. szüneteltetni kellene az üvegházhatású gázok kvótáival való kereskedelmet. A szerzők szerint 2030-ig 14,7 ezer mrd dolláros befektetésre lenne szükség a megújuló energiák terén, melynek hatására a megújulók 30 %-os részesedést érnének el. 2050-re ez a részarány akár 50 %-ot is elérhet. A Nemzetközi Energiaügynökség (IEA) jóval óvatosabb előrejelzése szerint 2030-ban csak 13 % lesz a megújuló energiák részesedése. Ez utóbbi véleményt erősíti az EU Bizottság dokumentuma is, mely szerint a 2020-ra megcélzott 20 %-os megújuló részesedés mindössze 13 %-os lesz [7].

Ismeretes, hogy a 2007. márciusi EU csúcs döntése alapján 2020-ra minden tagállamnak a hajtóanyag-felhasználás 10 %-át bioüzemanyagokból kellene előállítani. A növekvő gazdasági, társadalmi, pénzügyi és környezetvédelmi problémák következtében a 10 %-os célkitűzés nem volt tartható, ezért az energiaügyi miniszterek 2008. július 5-i találkozóját követően bejelentették, hogy a megállapított kötelező erejű célszámok nem a „bioüzemanyag-felhasználásra”, hanem a „közlekedésben alkalmazandó megújuló energiákra” vonatkoznak. A kommunikációs irányváltás értelmében tehát számításba lehet venni a megújuló energiaforrásokkal előállított villamos energiát, a hidrogént, illetve a biogázt is. Az Európai Parlament Környezetvédelmi Bizottsága 2008. július 7-i ülésén ennél is továbbment, ugyanis azt támogatta, hogy 2015-re a közlekedésben a megújuló energiák aránya csak 4 % legyen, amiben 1/5 részben szerepeljen a biogáz, a második generációs bioüzemanyag, a megújulókkal előállított villamos energia és a hidrogén. Továbbá 2015-ben egy részletes hatásvizsgálat eredményei alapján kerül eldöntésre a 2020-ra vonatkozó célszám, amely 8-10 % között valószínűsíthető. [6]

Az EU 2003/30/EC számú irányelve Magyarország számára is előírta, hogy 2005 végéig az értékesített hajtóanyagok 2%-ának, 2010-re 5,75%-ának, 2020-ra 8%-ának biohajtóanyagnak kell lennie.

Magyarország jelenleg mintegy 80 %-ban szorul kőolaj importra, ez 2020-ban 90%-os mértéket fog elérni, miközben az Európai Unióban a mostani 55 % részarány 2020-ra el fogja érni a 70 %-ot.

Magyarország 2005-re 0,6 %, 2010-re 4,4 %-os biohajtóanyag bekeverését vállalta. Magyarországon a jelenlegi termelési szinteken 635 Et bioetanolt és 110 Et biodízel lehetne előállítani a megfelelő gyártó kapacitások létrehozásával, mely a termelés bővítése esetén bioetanolnál 1.330 Et-ra és biodízelnél pedig 237 Et-ra növelhető. Összességében a magyar mezőgazdaság középtávon alkalmas lehet az ország 1100 PJ energiaigényének kb. 10 %-át biomasszából fedezni. [2]

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A Szolnoki Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Fakultásán Mezőtúron összehasonlító motorféktermi és füstölésmérési vizsgálatokat végeztünk különféle növényolaj alapú hajtóanyagok, illetve repcemetilészter 10 %-os gázolajos keverékével és gázolaj – mint etalon – hajtóanyaggal. A mérések lefolytatásához PERKINS 1104 C típusú motor állt rendelkezésünkre.

A vizsgálatok során az alábbi hajtóanyagokat alkalmaztuk:

- kereskedelmi gázolaj,
- ötféle napraforgó olaj (10 %) és gázolaj (90 %) keveréke,
- négyféle repceolaj (10 %) és gázolaj (90 %) keveréke,
- repcemetilészter (10 %) és gázolaj (90 %) keveréke,
- repcemetilészter.

A motorféktermi vizsgálat során teljes töltés melletti rögzített adagolókar állásnál összesen 10 munkapont felvételére került sor, 1100 1/perc - 2400 1/perc motorfordulatszámok között. Az emissziós méréseket az EU 49-es szabványa szerint (ún. 13 lépcsős teszt) hajtottuk végre.

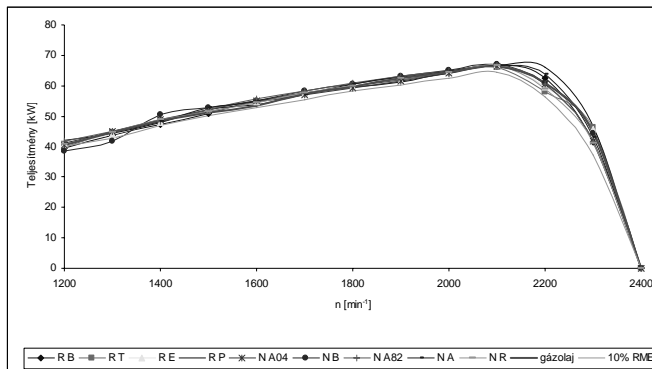
Ezen vizsgálatok részét képezték egy NKFP pályázatnak, melyben a konzorciumvezető a Nyugat-magyarországi Egyetem volt és tagként az IKR Zrt, a Debreceni Egyetem, a Szent István Egyetem, a Veszprémi Egyetem, illetve intézményünk tevékenykedett. [4]

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Az átlagos motorteljesítmények a gázolajéhoz képest valamennyi növényolajfőleség esetében ± 1 %-on belül maradtak, csupán a 10 % RME-t tartalmazó keverék teljesítménye maradt el több mint 4 %-kal a gázolajétól (1. ábra).

A négy repceolaj-gázolajos keverék fajlagos fogyasztása 14,76 %-tól 22,37 %-kal kisebb értéket mutatott a gázolajos mintához képest, ugyanakkor mind az öt napraforgó-gázolaj keverékes minta hajtóanyag-fogyasztása meghaladta a gázolajosét 1,59-32,42 %-kal (3. ábra).

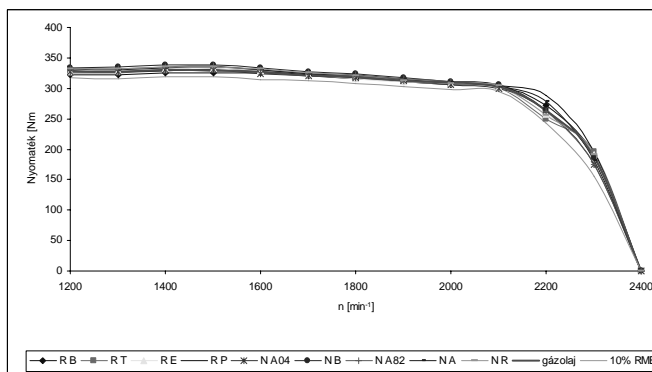
A kipufogógáz károsanyag összetevő vizsgálatát követően megállapítottuk, hogy az ötféle napraforgó-gázolaj keverékes minta közül négy 6,93 %-24,94 %-ig elmaradt a gázolaj CO értékétől (4. ábra).



RME – repcemetilészter
RB, RT, RE, RP – eltérő
olajsavtartalmú repcemagokból
nyert hajtóanyag
NA04, NB, NA82, NA, NR –
különböző olajsavtartalmú
napraforgómagokból nyert
hajtóanyag

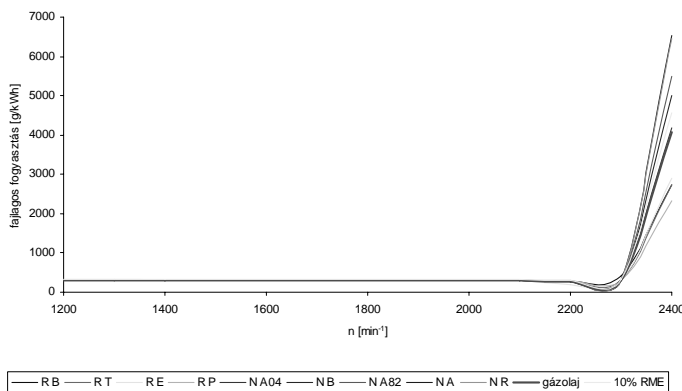
1. ábra. A motorteljesítmények alakulása a fordulatszám függvényében

A forgatónyomatékok alakulásáról ugyanez mondható el a 10 %-os RME-gázolajos keverék ugyancsak több mint 4 %-kal elmaradt a gázolajjal mért értéktől (2. ábra).



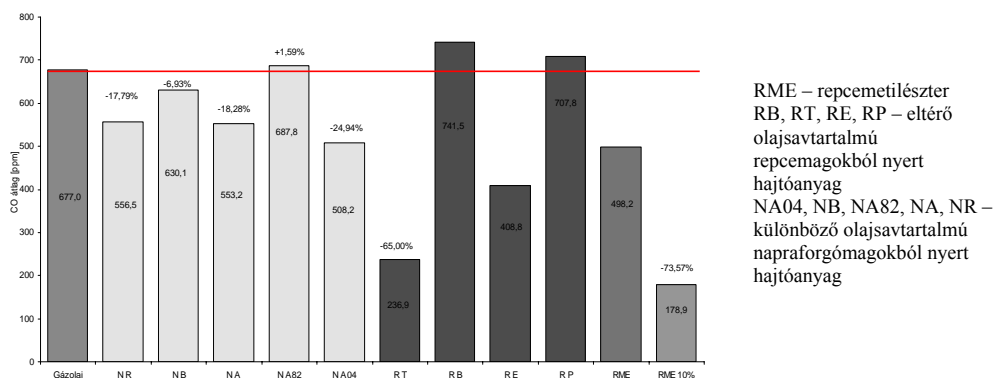
RME – repcemetilészter
RB, RT, RE, RP – eltérő
olajsavtartalmú repcemagokból nyert
hajtóanyag
NA04, NB, NA82, NA, NR –
különböző olajsavtartalmú
napraforgómagokból nyert hajtóanyag

2. ábra. A forgatónyomatékok alakulása a fordulatszám függvényében



RME – repcemetilészter
RB, RT, RE, RP – eltérő
olajsavtartalmú repcemagokból
nyert hajtóanyag
NA04, NB, NA82, NA, NR –
különböző olajsavtartalmú
napraforgómagokból nyert
hajtóanyag

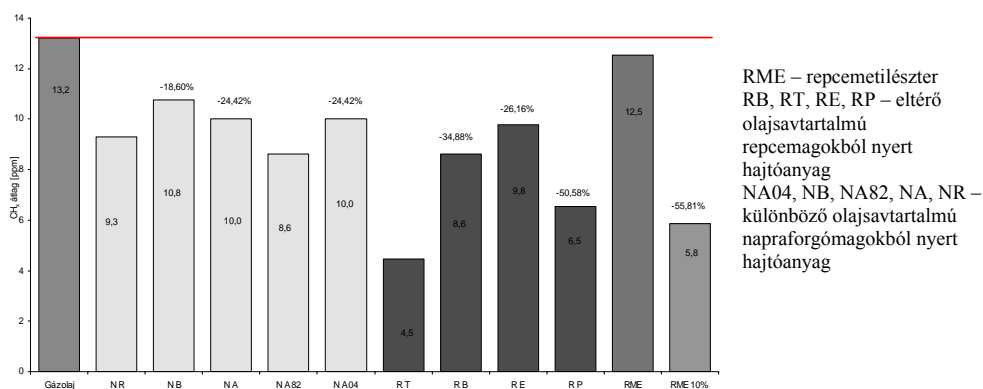
3. ábra. A fajlagos hajtóanyag-fogyasztás alakulása a fordulatszám függvényében



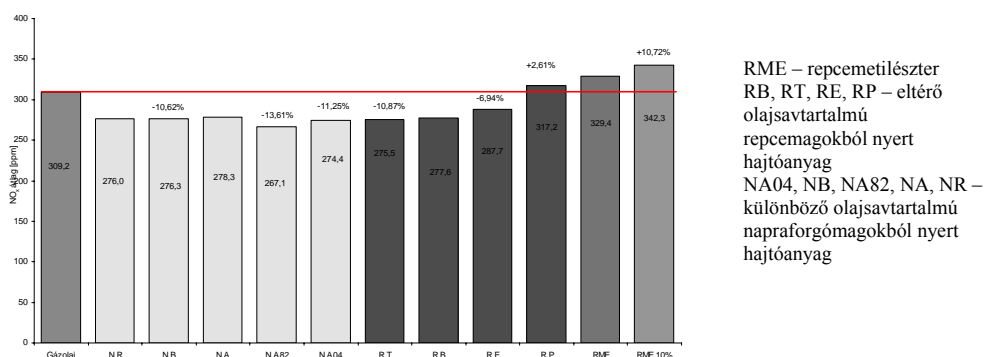
4. ábra. A CO értékek alakulása az egyes hajtóanyag-típusok esetében

A négy repceolaj-gázolaj keverék közül kettőnél jelentős csökkenést, 65 %, illetve 39,61 %, míg a másik két fajtánál 9,52 % és 4,56 % növekedést tapasztaltunk. A tiszta RME 26,42 %-kal, a 10 % RME-t tartalmazó keverék pedig 73,57 %-kal kevesebb CO emissziót mutatott. Figyelemre méltó, hogy valamennyi növényolaj-gázolaj keverék CH emissziója alatta maradt a gázolajos minta értékének (5. ábra). A napraforgóolajos minták 18,6 %-34,88 %-ig, míg a repceolajos minták 26,16 %-66,28 %-ig maradtak el a gázolajos minta értékétől. A tiszta RME 5,23 %-kal, a 10 %-os RME keverék 55,81 %-kal kevesebb értéket képviselt az etalonhoz képest.

A tízféle 10 %-os növényolaj-gázolaj keverék közül mindössze kettő esetében tapasztaltam a gázolajénál magasabb NO_x koncentrációt (6. ábra). A napraforgóolajos minták kismértékben kedvezőbbek voltak, mint a repceolajos keverékek, a vizsgált kilenc minta 6,94 %-13,61 %-ig maradt alatta a gázolajos minta NO_x értékének. Megjegyzendő, hogy a 10 % RME-gázolajos keverék 10,72%-kal, míg a tiszta RME 6,54 %-kal haladta meg a gázolaj NO_x szintjét.



5. ábra. A CH értékek alakulása az egyes hajtóanyag-típusok esetében

6. ábra. Az NO_x értékek alakulása az egyes hajtóanyag-típusok esetében

4. KÖVETKEZTETÉSEK

A növényolajos keverékek motorteljesítmény és forgatónyomaték értékei jellemzően kisebb értéket képviseltek a gázolajénál, melyet a növényolajok kisebb fűtőértéke magyaráz. Ugyanakkor esetenként a gázolajénál magasabb értékeket is mértünk, melynek oka lehet a nagyobb viszkozitás. A nagyobb viszkozitás pedig a maximális dózis növekedése irányában hat. Azt pedig, hogy a repceolaj keverékes minták összességében jobban szerepeltek, mint a napraforgóolajos minták, cetánszámaik különbségével magyarázhatjuk.

A CO komponensek ugyan mindkét növényolaj-keverék esetében többnyire a gázolajos minta értékei alatt maradtak, de megállapítható volt, hogy a repceolajos mintáknál kedvezőbb értékeket kaptunk. Ez arra utal, hogy az alkalmazott növényolajkeverék-féleségek esetében kedvező motorikus (adagolástechnikai) és üzemállapot (termikus és nyomásviszonyok) között valósult meg a működés. A sztöchiometrikusnál szegényebb keverési arány a tökéletes égés felé mozdult el.

A CH összetétel tekintetében esetenként a gázolajénál jelentősen kedvezőbb értékeket kaptunk, a repceolaj-keverékes minták ebben az esetben is jobb eredményeket mutattak. A valószínűsíthetően az égéstérben kialakult megfelelő hőmérséklet miatt nem érvényesült sem a hengerfal hűtő hatása, sem a nagy légfelületnél esetlegesen kialakuló lángkialvási zónák hatása.

Az NO_x koncentráció értékei többnyire a gázolajénál kedvezőbb értékeket mutattak, azonban a napraforgóolaj-fajták esetében jobbak az eredmények, mint a repceolajoknál. Ez a növényolaj-keverékes motorhajtóanyagok alkalmazásakor jelentkező hőmérséklet-csökkenéssel magyarázható, hiszen ilyenkor az NO_x képződés reakciósebessége is csökken. További magyarázatul szolgálhat az is, hogy a növényolaj-keverékek alkalmazásakor az égés kezdetén csak lassú hőfelszabadulás tapasztalható.

5. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BARTA J., HEGEDŰS M.: A magyar energiapolitika az EU energiapolitikájának tükrében, GKI Kft. 2007., p. 3-4.
- [2] HAJDÚ J., MAGÓ L.: Az energiatermelő mezőgazdaság, Mezőgazdasági Technika, 2006/8., p. 2-4.
- [3] NAGYSZOKOLYAI I.: A jó légkör, Autótechnika, 2008/1., p. 3.
- [4] NEMÉNYI M. (konzorciumvezető): Növényi alapú biohajtóanyagok előállítási feltételeinek kidolgozása és környezetvédelmi célú felhasználásának megszervezése (különös tekintettel a növényolajokra). NKFP-4/063/2004.
- [5] HANCSÓK J., KRÁR M.: Diesel-motorok újgenerációs bio-motorhajtóanyagai, Műszaki Kémiai Napok '08. Veszprém 2008., p. 7-11.
- [6] GLOCKLER L.: Az EU módosította a bioüzemanyagokkal kapcsolatos elképzeléseit! Mezőgazdasági Technika, 2008. október, p. 40-41.
- [7] ANONYM: Gazdaságélénkítés zöldenergiával? MezőHír 2009/1, p. 116-117.

ROLE OF BIOFUELS IN THE CLIMATE CHANGING AND ENERGY SUPPLY

The three main elements of the EU energy policy constituted by the security of supply, competitiveness and sustainability indicate the future tasks of Hungary's energy policy. The dependence of the Hungarian economy on energy imports has already reached that degree, which is forecast in the EU for the average of the Community by 2020.

The main objectives of European climate protection were applied in the Hungarian environmental laws. The national quotas were allocated first in 2005, but the new allocation plan has not been submitted to the EU. It was easy for Hungary to fulfil the Kyoto targets, as at present emission is significantly lower, than it was 1990. In Hungary the renewable energy accounted for 4,6 % of the total use of energy.

Nowadays I determined engine brake bench results and emission components using of pressed 5 kind of sunflower oils mixed with diesel oil, 4 kind of rape oils mixed with diesel oil and RME. My tests were performed by meeting requirements of the EU 24 and EU 49 standards with PERKINS 1104C engine type at our College Faculty. In the cause of my tests I put down CO, HC, NO_x, CO₂ and O₂ components of exhaust gases and determined smoking too.

A TERMÁLVÍZ HASZNÁLATÁNAK KÖRNYEZETVÉDELMI VONATKOZÁSAI

Dr. BODNÁR Ildikó, FÓRIÁN Sándor

Debreceni Egyetem, Műszaki Kar,
Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszék
4028 Debrecen, Ótemető u. 2-4.
bodnari@yahoo.com, forian@mk.unideb.hu

KIVONAT

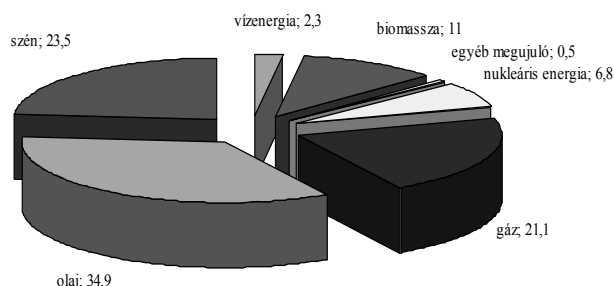
A környezetvédelem egyik lényeges pontja az energiatakarékosság, a fosszilis energia hordozók kiváltása pl. megújuló energiahordozókkal. Ennek egyik lehetséges megoldását a geotermikus energia felhasználása jelenti. Magyarországon a kedvező geotermikus adottságoknak köszönhetően a jövőben a termálvíz hasznosításának rendkívül nagy szerepe lesz. Fontos feladat, hogy a hasznosítások során a hévíz elhelyezést és ennek környezeti gátjait is figyelembe vegyünk. Ennek érdekében pl. a vizek kémiai vizsgálata rendkívül fontos, hogy a minőség ismeretében a lehetséges környezeti hatásokat feltérképezzük és a káros hatásokat elkerüljük.

Kulcsszavak: termálvíz, elhelyezés, hőterhelés, sótartalom, környezetvédelem

1. BEVEZETÉS

A környezetünk védelme napjaink egyik legfontosabb feladata, ugyanis a tevékenységeink révén hatással vagyunk a környezet elemeire, azokban akár mély nyomokat is hagyhatunk. A környezet ilyen irányú terhelése összetett, hiszen nem csak közvetlenül, hanem közvetett úton is hatásunk van a környezeti elemekre.

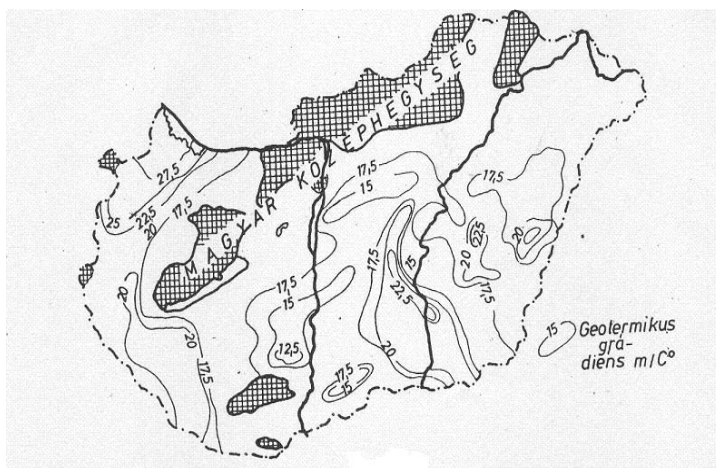
A XXI. században az energiaszerzés és előállítás új formáit kényszerülünk alkalmazni. A fosszilis energiahordozók kimerülésével a megújuló energiák jelentősége egyre nagyobb lesz, hiszen bolygónk népessége egyre nő, mellyel az energiaigények is hasonlóan változnak. A világ különböző országaiban ezt már felismerték és a lehetőségeikhez mértén kezdik is kihasználni. A kőolaj és földgáz készletek egyes becslések szerint kb. 50 év múlva merülnek ki, a szénkészletek pedig még kb. 200 évig elegendőek, de ez utóbbiak egyre gyengébb minőségűek, és egyre nehezebben kitermelhetőek lesznek. Ennek szellemében tehát fontos szempont az új energiaforrások feltárása és használata. Egyik lehetőség a nukleáris energia termelése, de ennek a társadalmi elfogadottsága, a balesetek veszélye illetve a keletkező radioaktív hulladékok tárolása miatt, az előrejelzések szerint nem fog nagy támogatottságot élvezni. A fenntartható fejlődés érdekében tehát olyan energiaforrások hasznosítására van igény, amely nem rendelkezik a fosszilis energiahordozók környezetszennyező hatásaival, valamint „korlátlan” mennyiségben rendelkezésre állnak, illetve megújulnak. A nap-, a szél-, a vízi- és a geotermikus energia hasznosításának egy fejlődő korszaka kezdődik. Az 1. ábra az egyes energiaforrások részesedését mutatja be [1-3].



1. ábra Az egyes energiaforrások százalékos részesedése a világ energiaszükségletének kielégítéséből [4-5].

2. A TERMÁLVIZEKRŐL ÁLTALÁBAN

A geotermikus energia a Föld belső hőjéből származó energia. A földkéreg hőmérséklete közvetlenül legfeljebb néhány km mélységig mérhető a mélyfúrásokban. Ezek a mérések a hőmérséklet emelkedését mutatják a mélység növekedésével. Ezt a hőmérsékletnövekedést a geotermikus gradienssel, vagy még inkább a reciprok gradienssel szokás jellemezni. A reciprok gradiens (vagy geotermikus mélységlépcső) átlagos értéke a földkéregben $33 \text{ m}/^\circ\text{C}$; azonban bizonyos helyeken ettől lényeges eltérések tapasztalhatók: egyes területeken a reciprok gradiens értéke mindössze $5 \text{ m}/^\circ\text{C}$, de előfordulnak olyan vidékek is, ahol $120 \text{ m}/^\circ\text{C}$. Magyarország jelentős területén a 2. ábra tanúsága szerint az átlagosnál jóval kisebb: $16\text{-}20 \text{ m}/^\circ\text{C}$ gradiensértékek mérhetők. Ez azt jelenti, hogy 1000 m -es mélységben kb. $60\text{-}70 \text{ }^\circ\text{C}$; 3000 m -es mélységben pedig már $160\text{-}190 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletek mérhetők. Ennek köszönhetjük a rendkívül gazdag hévízkészletünket [1, 6].

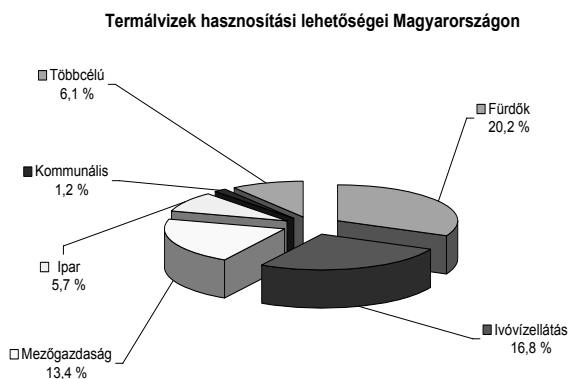


2. ábra: A geotermikus gradiens értékei Magyarországon [3]

A geotermikus energia korlátlan és folytonos energianyereséget jelent. Termálvíz formájában viszont nem kiapadhatatlan forrás. Kitermelése viszonylag olcsó, használata pedig nem jár légszennyezéssel. Magyarországon a termálenergiát az egyik legjelentősebb megújuló energiahordozóként tartják számon. Hazánkban a készletek világviszonylatban is jelentősek, viszont a hasznosítás mértéke a lehetőségektől elmarad. Mint ismeretes az Európai Unió a megújuló energiák hasznosításának mértékére vonatkozóan jelentős növelést ír elő, mely alapján a hasznosítási arány növelése komoly feladatot jelent [1, 7].

3. A TERMÁLVIZEK HASZNOSÍTÁSA

A geotermikus források felfedezése egészen a római időkig nyúlik vissza. Legelőször a termálvizet alkalmazták, elsősorban gyógyászati, háztartási és pihenési célokra. A geotermikus energia, a termálvizek hasznosítása ma már rendkívül széleskörű. Az élet számos területén találhatunk olyan példákat, melyek bizonyítják a termálvizek hasznosításának előnyeit és gazdaságosságát: klíma és időjárás független, megújuló és fenntartható módon alkalmazható, használatával csökken a fosszilis energiahordozók felhasználása, továbbá csökken az importfüggőség és a CO₂ kibocsátás. A geotermikus energia hasznosításának hátrányai is vannak, melyek az alábbiak: kicsi az energiasűrűség, nagy beruházást igényel, a nem megfelelő termálvíz elhelyezés komoly környezeti problémákat okozhat, melyre jelen tanulmányunkkal is szeretnénk felhívni a figyelmet [1, 8].



3. ábra: Termelő kutak hasznosítása [8]

A geotermikus energia, a termálvizek közvetlen felhasználhatók pl. balneológiai célokra, fűtésre, mezőgazdasági területeken (pl. növényházak, fóliasátrak fűtésére, szárításra, állatnevelő telepek fűtésére), valamint többcélúan is. Mindezek mellett energetikailag jelentős az elektromos áram termelésére történő felhasználás, valamint a hőszivattyús hasznosítás [9]. Hazánkban a termálvizet elsősorban balneológiai illetve ivóvízfogyasztási célra hasznosítják. A fenti hasznosítási formák is egyre inkább

terjednek, melyre pl. a 3. ábra, mely a magyarországi hasznosítás lehetséges megoldásainak százalékos arányát mutatja be [8].

4. TERMÁLVIZEK MINŐSÍTÉSE, KÉMIAI JELLEMZŐIK

A termálvizek minősítése a kitermelés és a hasznosítás, valamint az elhelyezés szempontjából is rendkívül fontos [10]. Víztisztaság a víz fizikai, kémiai, biológiai, mikrobiológiai és radiológiai tulajdonságainak összességét értjük. Ezért vízminősítés során ezeket a tulajdonságokat kell megvizsgálni és a vizsgálati eredményeket rendszerezve értékelni. A mintavételhez és a vizsgálatokhoz szabványos módszereket alkalmaznak, a vizsgálatok során pedig elsősorban klasszikus és műszeres analitikai módszereket használnak. A vizsgálat lehet tájékoztató jellegű, gyorseszt, helyszíni vagy laboratóriumi.

A termálvíz minősége, összetétele vízkémiai szempontból függ: a termálvizet termelő kút helyétől és mélyégétől, illetve a geológiai, hidrogeológiai jellemzőktől. A vízben oldott és nem oldott anyagok vannak jelen, ez utóbbiak aránya felszín alatti vizek esetében kicsi. Az oldott anyagok főleg oldott gázokat, oldott szervetlen anyagokat, sókat (kationok és anionok) és oldott szerves anyagokat jelentenek. A hévizek vízkőkiválási és a korróziós tulajdonságait is tanulmányozva a kémiai jellemzésnél a fentiekben túl figyelembe kell venni pl. az összes oldott sótartalmat, összetevőkre bontva a kationok, anionok fajtáját, mennyiségét, a víz egyensúlyi pH-ját, a jelenlévő gáztartalmat, stb. A sótartalmat hévizeinkben döntően a kalcium-, magnézium-, és nátrium-ionok klorid-, szulfát- és hidrogén-karbonát formái alkotják. Pl. A kitermelt termálvíz sótartalma a mélységtől függően (mélyebbre haladva emelkedik) 1250-8000 mg/l között változhat, Na-tartalma pedig szintén magas, általában 400-2000 mg/l [1, 3].

5. A TERMÁLVIZEK HASZNÁLATÁNAK KÖRNYEZETVÉDELMI VONATKOZÁSAI

A felszíni vízkészletek védelmét szolgáló jogszabályok a termálvíz hasznosítását a korábban említett példákhoz megfelelően több csoportokba sorolja: gyógyászati célú felhasználás gyógyfürdőkben, termálfürdőkben való hasznosítás, energetikai célú felhasználás, stb. Ezen alkalmazások esetén a jogszabályok más-más kibocsátási határértéket szabnak meg. Az első csoportnál pl. a szennyezőanyag kibocsátást nem kötik szigorú feltételekhez. Itt figyelembe veszik a gazdasági és egészségügyi előnyöket és a szabályokat ennek rendelik alá. A második csoportra vonatkozó szabályozás már szigorúbb, mert a gyógyászati célnál kisebb prioritást élvez, bár nem elhanyagolható. Az energetikai célú felhasználás során a termálvíznek csak a hőjét hasznosítják, így a használat során szennyező anyag nem juthat a vízbe, azaz a kémiai, biológiai összetétele nem változik, így a most hatályos jogi szabályozás előírja a víz visszasajtolását a vízáradó rétegébe. Ez a módszer segít a termál kutak vízszint-süllyedési problémájának (készletcsökkenés) megoldásában. A visszasajtolás sokszor nagyobb energiát igényel, mint amennyit a hévíz felhasználással nyerni lehet, de a víz visszajuttatásával biztosítani lehet a termálvíz utánpótlását, azaz a kitermelésből adódó

környezetkárosító hatás csökkenthető. Ideális megoldást jelent három kút alkalmazása, melyek közül az első biztosítja a tevékenységhez szükséges vízmennyiséget, a második tartalék kút, ami biztosítja a működés egyenletességét, és folyamatosságát, a harmadik kút pedig az elhasznált víz visszasajtolásához szükséges [1, 2, 8, 11-14]. A fürdők használt termálvizének elhelyezése már nagyobb problémát jelent. A már egyszer használt fürdővizet tisztító és forgató berendezések sok esetben nem megfelelőek. Ezek a berendezések pl. koagulációt (kicsapást), homokszűrést és algásodás elleni kezelést biztosítanak. Számos problémát vet fel pl. a homokszűrők alkalmazása is, mely eljárás során két berendezést kell egyszerre alkalmazni. Az egyik berendezés tisztítja a vizet, a másik pedig úgynevezett visszamosással regenerálja a szűrőt. A szűrő telítődése után a vizet visszafelé áramoltatják, majd ezt követi az utóöblítés. A visszaöblítéskor keletkező szennyvizet a kommunális csatornába vezetik el. A keletkező szennyvíz sok problémát vethet fel, melyek közül egyik pl. a mennyiségi paraméter, ugyanis 100 m^3 tisztítandó víz esetén kb. 25 m^3 a visszamosási víz. Valamint a szűrőberendezés homoktöltetén megtapadhatnak bizonyos szennyező anyagok (zsír, krém, napolaj), melyeket a visszamosással nem vagy csak nagyon kis mértékben lehet eltávolítani. Ez a szennyeződés meleg vízzel érintkezve igen jó körülményt biztosít a fertőző organizmusok számára. Ennek kapcsán tehát a termálvizet tisztítani kell, még mielőtt újra visszakerülne a medencékbe. A fertőtlenítés ebben az esetben is vegyszerekkel történik, ami nem kívánatos, kémiai összetétel változást eredményez, és a gyógytényezők károsodását is okozhatja. Sok termálfürdőben nem lehet visszaforgatni a termálvizet. Amennyiben a víz összetétele lehetővé teszi a víz tisztítását, a vegyszerek alkalmazása ebben az esetben is problémát jelenthet. Vannak ugyanis olyan vizek, amelyek fertőtlenítése klórral nem lehetséges, ugyanis pl. a szerves anyagokat tartalmazó vizek klórral való kezelése során rákkeltő anyagok keletkezhetnek.

Mindezeket követi az elhelyezés tényleges problémája. Ha termálvizünket homokszűrővel, ezt követően pedig vegyszerekkel tisztítottuk, akkor nem engedhetjük vissza természetes vízáradó rétegébe. A vízben lévő fertőző mikroorganizmusok, a föld alatt lévő vízben tovább élnének, és a magasabb hőfoknak köszönhetően valószínűleg gyorsabban is szaporodnának. Így az elhasznált vizet csak föld felszínén helyezhetjük csak el, mely szintén nem jelent igazán jó megoldást. A vissza nem táplált víz ugyanis olyan hiányt okozhat hosszútávon, ami az energiaforrás kimerüléséhez vezethet, másrészt a felszínen elhelyezett termálvíz kémiai összetétele, és nagy sótartalma miatt környezetkárosodást okozhat [1, 2, 12-14]. Magyarországon az elhasznált termálvizet a felszíni vizekbe (tavakba, folyókba) vezetik, vagy a szennyvízcsatornába engedik. Élővízbe csak abban az esetben engedhetőek, ha a víz TDS (total dissolved salts= összes oldott só) értéke nem haladja meg 2 g/l koncentráció értéket (közcsatornába való vezetés esetén nem haladhatja meg a 3 g/l-t). Egyéb kémiai anyagok jelenléte is zavarhatja az élővizek egyensúlyát, pl. a magas ammónium-ion tartalom halpusztulást okozhat, illetve ha a vízben sok az ún. fenol-származék, a halak íze is megváltozhat.

Öntözési célú felhasználás is jelenthet problémát, ugyanis a víz magas sótartalma a talaj elszikesedését okozza. Általánosan elmondható, hogy a jó minőségű öntözővíz kb. $500\text{-}1000 \text{ mg/l}$ oldott só és $35\text{-}45 \%$ Na^+ -t tartalmaz [1-3, 8, 11-14]. Hazánkban a

sófelhalmozódás alapvető oka a talajvíz közelsége és sótartalma. A párologtató vízgazdálkodási típus következményeként a fölfelé áramló talajnedvesség víztartalma tehát a légkörbe távozik, a vízben oldott sók pedig a talajban maradnak. A felhalmozódott sók minőségétől és arányától függ azok káros hatása. A fizikai és a kémiai hatásokat tekintve legkárosabb a nátriumos és a karbonátos sófelhalmozódás [1, 3]. A magas sótartalom, s a következtében kialakult kevésbé morzsalékos – ezáltal rosszabb levegő- és vízellátottságú – talaj, melyen csak azok a növények képesek fennmaradni, amelyek tűrik a tartós szárazságot, a legelő állatok rágását, taposását és megbirkóznak a sós talajviszonyokkal. Szántóföldként ezek alig vagy nem hasznosíthatók, túlnyomó hányaduk legelő. Összefoglalva az öntözésre használat csak hígított használt vizek esetén és a fenti határértékek betartása mellett lehetséges. Költségesebb megoldás lehet az, hogy a használt termálvizet kezelik, melynek során a problémás kémiai anyagokat kivonják belőle, de így a hasznosítási lehetőségek javulnak. A vízből ill. a szennyvízből a sótartalom eltávolítására alkalmazható pl. az ún. membrán technológia, amely az ozmózis ill. a fordított ozmózis elvén alapszik. A módszer további előnye, hogy vegyszer nélkül biztosítja a sótartalom csökkentését, de beruházási költségei tetemesek. Az elhelyezés további problémája az esetleges hőterhelés is, ugyanis a termálvizek használatuk során veszítenek hőtartalmukból, de még így is sok esetben a víz melegebb, mint amit a környezet gond nélkül elvisel. Ebben az esetben a hűtőtavak alkalmazása jelenthet megoldást. A túl meleg víz környezetbe való engedésének ugyanis komoly negatív hatásai lehetnek, ezek: a szervesanyag képződés felgyorsulása, a vízinövények burjánzása, a feliszapolódás felgyorsulása, a biológiai egyensúly felborulása, továbbá a vízben az oldott oxigén mennyiségének csökkenése.

Környezeti hatás a kitermelést kísérő zaj-szennyezés is, azonban ez itt sem nagyobb, mint bármely más erőműben. Továbbá kísérheti a kitermelést pl. talajlesüllyedés, esetleges földcsuszamlás vagy gázrobbanás is, azonban ezek körülmekintő kivitelezés mellett minimalizálhatóak.

Kiemelkedő fontosságú tehát a vízkészletek a védelme, minőségének megőrzése. A vízbázisokat, és a használatukhoz szükséges vízi műveket fokozott védelemben kell tartani. A védelem felszín alatti vízbázisból történő vízkivétel esetén védőidom és védőterület, felszíni vízbázisokból történő vízkivétel esetén védőterület kijelölését jelenti. A védőidomok és védőterületek kijelölése a terület hidrológiai, hidrogeológiai sajátosságait illetve a tervezett vízkivételt alapul véve határozzák meg. [1, 3].

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarországon a geotermikus energia, a termálvizek hasznosítása napjainkban dinamikusan fejlődik. A hasznosítás mellett komoly feladatokat jelentenek pl. a hévíz elhelyezés környezeti gátjai és egyéb felmerülő problémák (termálkutak vízszint süllyedése, zajszennyezés, korrózió, stb.). A termálvizek rendszeres laboratóriumi vizsgálata, minősítése segíti a széleskörű hasznosítást és a későbbi biztonságos elhelyezést. Ez utóbbi esetében a hő-, sóterhelés vizsgálata rendkívül fontos, hogy a környezetünk védelme érdekében pl. a talajok szikesedését el tudjuk kerülni.

6. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Dr. Bodnár Ildikó, Fórián Sándor: A termálvíz kitermelése és környezetvédelmi vonatkozásai. TPF-CFCU, 108-1-F1 sz. pályázat; Debreceni Egyetem-ISOR Iceland Geosurvey, Oktatási anyag, (2009).
- [2] Barótfi István: Környezettechnológia, Mezőgazda kiadó, Budapest, 2000.
- [3] Ratkai János: A Debreceni Gyógyfürdő Kft. hévíz hasznosítása, illetve elhelyezésének problémája, szakdolgozat, DE-AMTC-MK, Debrecen, 2008.
<http://www.geotermika.hu/aktualis.htm>
- [4] <http://www.geotermika.hu/aktualis.htm>
- [5] <http://hu.wikipedia.org>
- [6] http://hu.wikipedia.org/wiki/Geotermikus_energia
- [7] <http://www.mefo.hu>
- [8] Szilágyi Eszter: A debreceni termálvíz kémiai összetétele és környezetre gyakorolt hatásai, TDK dolgozat, DE-AMTC-MK, Debrecen, 2008.
- [9] Dr. Patkó István: Megújuló energiák, elektronikus tananyag, HEFOP 3.3.1.-P-2004-09-0152/1.0 pályázat, 2007.
www.vital.hu
- [10] www.vital.hu
- [11] 1995. évi LIII. Környezet védelmének általános szabályairól
- [12] 1995. évi LVII. Vízgazdálkodásról szóló törvény
- [13] Balogh Jenő; Völgyes István: Termálvíz hasznosítás. Építőügyi és tájékoztatási központ, Budapest, 1986.
- [14] Dr. Árpási Miklós; Dr. Bobok Elemér: Környezetkímélő termálvíz-hasznosítás az iparban és a mezőgazdaságban; OMIKK Reprográfiai üzem, 1998.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF UTILIZATION OF THERMAL WATER

In Hungary the utilization of geothermal energy and thermal water is dynamically growing up nowadays. Beside the utilization the placement of thermal water, environmental effects and other problems (reduction of water level of thermal wells, noise pollution, corrosion) are also very important. Systematic laboratory examinations of thermal water samples help in the widespread utilization and later safe placement. Investigation of heat- and salt pollution is also very important to prevent the pollution of environment and salinization of soil.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a 108-F-1sz. „Optimization of geothermal heating systems” c.– az EGT és a Norvég Alap által finanszírozott – projekt keretében valósult meg.



A geotermikus energia és a mezőgazdaság vidékfejlesztési hatásai

KULCSÁR Balázs

Debreceni Egyetem, Műszaki Kar
4032 Debrecen, Ótmető u. 2-4.
kulcsarb@mfk.unideb.hu

KIVONAT

A geotermikus energia agrárgazdasági alkalmazására számtalan lehetőség kínálkozik. Ez az energiaforrás nem a legkisebb beruházást igénylő zöldenergia, viszont helyi felhasználásra szinte az összes mezőgazdaságilag frekvenciált területen elérhető, az egyes ágazatokban széles körben alkalmazható. A legkiemelkedőbb geotermikus adottságú országrészekben, erőművi alkalmazása sem elképzelhetetlen. A településeket, kistérségeket ellátó kis- és közepes geotermikus erőművek telepítésére alkalmasak lehetnek a mezőgazdasági telephelyek. A komplex energia hasznosítás során a mezőgazdasági ágazatok több lépcsőben bekapcsolhatók. Az energiakincs kihasználásának leggazdaságosabb módja a komplex hasznosítás, ahol a különböző hőigényű fogyasztók egymásra települve nyerik ki a tevékenységükhöz szükséges hő- és energiamennyiséget. Az energiahasznosítás tovább fokozható a megújuló energiaforrások egymás melletti, kombinált alkalmazásával is. A mezőgazdaság, mint térsége energiaellátója jelenhet meg, plusz bevételi forrást teremtve ezzel az ágazatnak.

Kulcsszavak: geotermikus energia, megújuló energia, lokális energiaellátás, vidékfejlesztés, agrárgazdaság

1. BEVEZETÉS

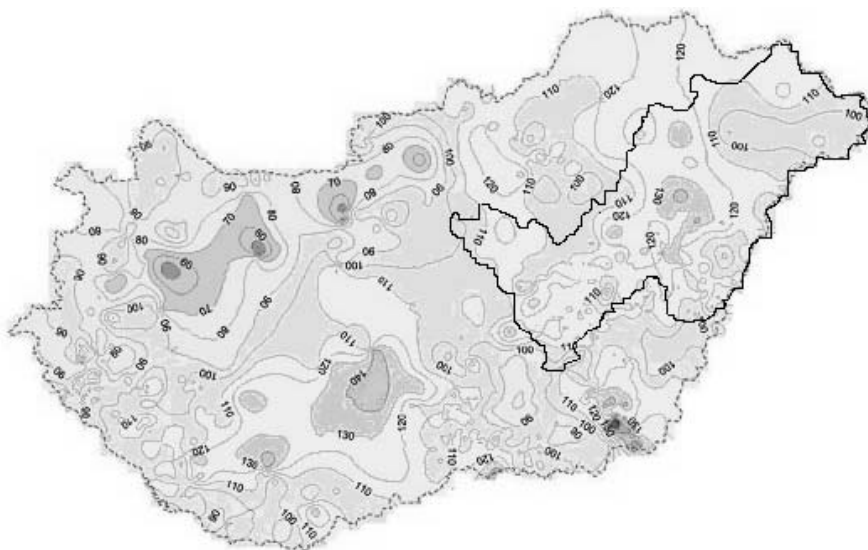
Az Észak-alföldi régió, az európai térség egyik leghátrányosabb helyzetű területe, ugyanakkor a mezőgazdasági és megújuló energia potenciál szempontjából kimagasló adottságokkal rendelkezik. Napjaink egyik legfontosabb kérdése a világ és egyben lokális térségünk energiaellátása, a fosszilis energiahordozók, környezetbarát megújuló energiaforrásokkal való kiváltásának lehetőségei. Magyarország a rendelkezésre álló energiaforrások ellenére, az egyik legkiszolgáltatottabb ellátású ország. A határokon belül lévő megújuló energiakincs ellenben, a lehetőségekhez képest szinte teljesen kihasználatlan. A vizsgált Észak-alföldi régió, szerkezeti felépítésénél, fekvésénél, éghajlatánál és morfológiájánál fogva a geotermikus energia, a biomassza és a napenergia terén van a legkedvezőbb helyzetben. A mezőgazdaság ma az egyik legnagyobb energiafogyasztó. A termékek előállításában jelentős százalékot tesz ki az energiáért fizetett ár. A versenyképesség növelhető az ellátó energiaszerkezet reformjával és mint lokális energiaellátó, új bevételi forrást teremthet a forráshiányos ágazatnak, valamint kitörési lehetőséget a vidéknek.

2. A GEOTERMIKUS ENERGIA HASZNOSÍTÁSA AZ ÉSZAK-ALFÖLDI RÉGIÓBAN

Magyarország összes elsődleges energiafelhasználásán belül a megújuló energia részaránya az ország adottságaihoz képest meglehetősen alacsony, 4,3%, amin belül elsősorban a biomassza dominál. 2001-ben, hazai viszonylatban az összes megújuló energiafelhasználás 72,5%-át a tűzifa tette ki. A *geotermikus energia* 10,3%-ot, a vízenergia 1,9%-ot, a növényi és egyéb szilárd hulladék 10,9%-ot, a napenergia 0,15%-ot, a szélenergia pedig 1,5%-ot adott az összesbe. A kommunális hulladékokból

2,75% származott. Az összes elsődleges energiafelhasználáson belül, a *geotermikus energia* 0,44%, a tűzifa 3,1%, a vízenergia 0,08%, a hasznosított növényi és egyéb szilárd hulladék 0,46%, a napsugárzásból nyert energia 0,006%-ot tett ki. A hulladéklerakókból és települési szennyvizekből származó biogázból, valamint a kommunális szeméttégetésből nyert energia 0,1%-al részesedik. Amennyiben csak a teljesen széndioxid semleges energiahordozókat vesszük, azok együttes aránya az összesből mindössze 0,5%. A környezettudatosabb és kevésbé kiszolgáltatott energiaszerkezet eléréséhez a megújuló energiaforrások arányának növelése hatékonyan járulhat hozzá. Jelenleg a régióban 10 megújuló energiaforrást vagy hulladékot felhasználó erőmű működik, összteljesítményük 22,8 MW, ezen kívül épülőben van 4 db, együttesen 51,316 MW kapacitással [MEH 2009]. Ezzel az Észak-alföldi régió energiaszükségletének 4,61%-át fogja megújuló energiaforrásból fedezni. Az agrárgazdaságban tevékenykedő gazdasági szervezetek száma 1383 [KSH 2005], amelyek közel 3000 külterületi telephellyel rendelkeznek [HB-SzSzB-JNSz megyei Földhivatalok 2009]. A telephelyek bekötése az energiaellátó hálózatokba magas beruházási költséggel jár. A telephelyek között nagy számat képviselnek azok, amelyeken gazdasági tevékenység nem folyik, kihasználatlanok, elhagyatottak, így a megújuló energiatermelés céljára alkalmasak lehetnek.

2.1 Az Észak-alföldi régió geotermikus adottságai



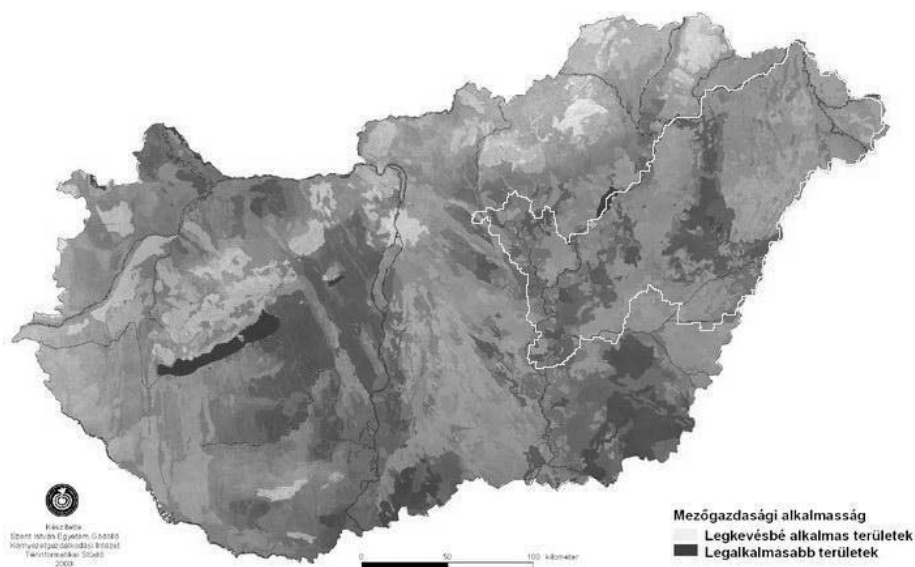
1. ábra Hőmérséklet 2000m mélységben a felszín alatt.

[Forrás: www.geothermalpower.hu]

A *geotermikus energia* hazánkban az egyik legrégebben használt megújuló energiaforrás, melynek elterjedését a technológiai fejlődés egyre szélesebb körben

teszi lehetővé. Hőtermelés szempontjából gyakorlatilag bárhol elérhető, de többnyire csak helyben használható energiaforrás. Villamos-energia termelés céljára csak a legjobb adottságú területek alkalmasak, ezek száma korlátozott. Az Észak-alföldi régió, gazdag forrásadottságokkal rendelkezik. Mezőgazdasági alkalmazása, a telephelyeken felhasznált hőenergia biztosítása szempontjából célszerű megoldás lehet. A Kárpát-medence alatti alapkőzeten nyugvó hatalmas mennyiségű üledékek szerkezetüknél fogva nagy mennyiségű vizet tartalmaznak. Részben ennek eredménye az átlagnál nagyobb, $4,4\text{--}6,6^\circ\text{C}/100\text{m}$ -es geotermikus grádiens. Az Alföldön már 1800m -es mélységből $80\text{--}100^\circ\text{C}$ -os hőmérsékletű termálvizet lehet a felszínre hozni (Molnár, 1984). A földi hőáram nálunk átlagosan $90\text{--}100\text{mW}/\text{m}^2$, ami kétszerese a kontinentális átlagnak és csaknem másfélszerese a világátlagnak. E termikus adottságok miatt Magyarországon 1000m mélységben a réteghőmérséklet eléri, sőt meghaladja a 60°C -ot, a hőmérsékleti izotermák 2000m mélységben pedig már 100°C felett mozognak (1. ábra), a geotermikus potenciál minimum $60\text{PJ}/\text{év}$. Az Észak-alföldi régió területe alatt tárolt, „hidrosztatikai nyomású sós vizek” különösen fontosak az energiatermelésben, hiszen háromféle energiát szolgáltatnak: geotermikus hőt, hidraulikus energiát és nagy mennyiségű metánt.

2.2. A mezőgazdasági hasznosítás területei



2. ábra Magyarország területének mezőgazdasági alkalmassága [Forrás: Ángyán 2003].

Az Észak-alföldi régióban a jó minőségű mezőgazdasági térségek egybeesnek a kedvező adottságú geotermikus potenciált hordozó területekkel (2. ábra). A hasznosítás elsősorban a felszínre érkező víz hőmérsékletétől függ. A 100°C feletti hőmérsékletű hévíz, alkalmas lehet elektromosenergia-termelésre is. Ez alatti hőmérsékletű hévizek, hőcserélőn keresztül történő közvetlen hőhasznosításra

fordíthatók, majd a 35-20°C-ra lehűlt víz balneológiai célokra alkalmazható. A hazai hévíz kutak által felszínre hozott hőmennyiség mintegy 40%-át fürdők, strandok hasznosítják, és közel 30%-ával üvegházakat fűtenek.

A növénytermesztő telepek (növényházak, fóliasátrak) hőellátása a hazai termálvíz hasznosítás legnagyobb területe. Magyarország geotermikus energiával fűtött üvegházainak alapterülete 130ha [Árpási 2004]. A termesztés és üzemeltetés szempontjából korszerű ipari nagyüzemnek nevezhető növénytermesztő gazdaságok rentábilisan ott működnek, ahol a termesztés fajlagos energiaráfordítása alacsony. A tapasztalatok szerint ez megújuló energiaforrás igénybevételével elérhető, ami annál is inkább fontos tényező, mivel a fűtési költségek már a 80-as évek elején a szűkített önköltség 50%-át tették ki. 2006-os adatok szerint 208 termelőkutat használnak a mezőgazdaságban hőhasznosításra.

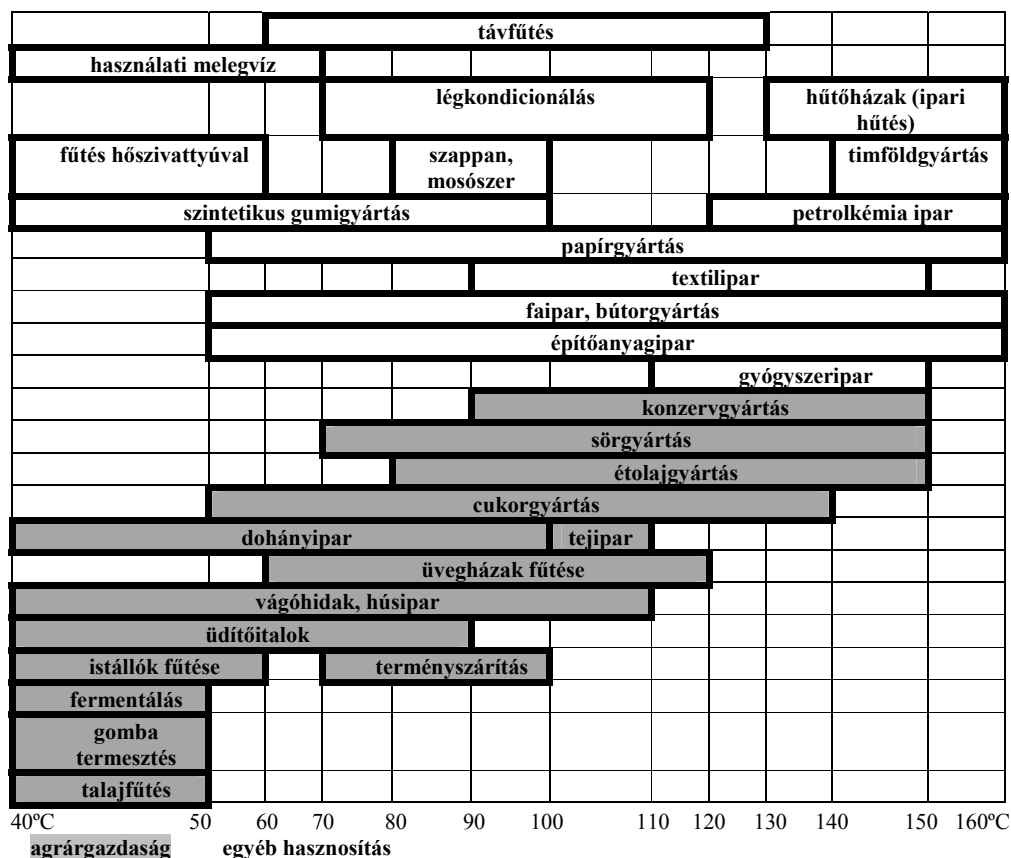
A geotermikus energia agrárgazdasági hasznosítása széleskörű. Alkalmazása a *terményszárításban* minden olyan esetben lehetséges, amikor megfelelő mennyiségű és legalább 40-60°C hőmérsékletű termálvíz áll rendelkezésre. A *nagyüzemi állattartásnál* fontos kritérium az állomány megfelelő hőmérsékleti körülmények között tartása, mert csak így lehet optimális gyarapodásukkal számolni. Az állattartó telepek fűtésére Magyarországon az 1970-es évek végén 245 000 tonna fűtőolajat használtak fel, ami akkor több mint 50%-a volt a mezőgazdasági termékek szárítására felhasznált hőenergia mennyiségnek [Kocsis, 1980].

A mezőgazdaság többcélú vízhasznosításában a *temperált vízű haltenyésztés* fontos szerepet tölthet be. Amennyiben a már hasznosított termálvíz nem kerül visszasajtolásra, abban az esetben nagy gondot jelent annak megfelelő elhelyezése, kezelése. A halastavak partján a többirányú hasznosítás és tájökológiai szempontok is megvalósíthatók. Az *élelmiszeripari szárítási* folyamatok általában magas, 100°C feletti hőmérsékleten mennek végbe, azonban vannak olyan szakaszok is, amelyek alacsonyabb hőfokú szárítási hőmérsékletet kívánnak meg. Az *élelmiszertartósítás* területén a geotermikus energia alkalmazására a hűtőházak berendezéseinek megfelelő hőmérsékletű vízzel való ellátásakor kerül sor. A *konzerviparban* elsősorban mosóvízként, illetve közvetlen technológiai vízként használják azon termálvizeket, amelyeket már előzetesen hőtechnikailag – akár helyben is – hasznosítottak, azaz lehűlt, elfolyóvíz. Alkalmazható még az *algatenyésztésben*, ahol az algák növekedése 50-60°C-os vízben a legintenzívebb. A takarmányozás mellett kísérletek folynak egy újfajta biodízel előállítására is, amihez ún. bioreaktorokat alkalmaznak.

2.3. Hőhasznosítás és villamos energia termelés

A geotermikus energia hasznosítása, lokális energiaellátási feladatokat szolgálhat az intenzív növénytermesztés, hajtás, állattenyésztés, az élelmiszeripar, valamint a kommunális ellátás területén. A fogyasztói igények több hőfoklépcsőbe csoportosíthatók, így komplex *hőhasznosítás* és hatékonyabb kihasználtság érhető el. A 3. ábra adatai szerint, a termálhő hasznosítási területeinek több mint felét az agrárgazdasághoz kapcsolódó tevékenységek teszik ki. Ezek többsége a kisebb hőtartományban helyezkedik el, így a regionális termálhő kínálatba jobban tud illeszkedni. A geotermikus hőenergia kinyerésének másik módját a *hőszivattyúk*

képviselik. E megoldások többsége nem igényel költséges fűrési, erőművi beruházásokat, viszont elektromos áramot fogyaszt, hiszen ez nem más, mint egy jó hatásfokú klímaberendezés. Ez alapján a geotermikus energiát fel lehet használni *hőcserélővel*, amelynek előnye, hogy nincs feltétlenül szükség vízkivételre. A hőt szolgáltató közeg lehet akár felszíni vízfolyás és talajvíz is. Két irányban hasznosítható, azaz télen fűtésre, nyáron hűtésre is alkalmazható.



3. ábra A termálhő közvetlen hasznosításának területei
[Forrás: Árpási – Bobok 1998].

A termálvíz kitermeléssel kapcsolatban napjainkban újabb igények merülnek fel, amelyek a komplex, többlépcsős hasznosítás felé irányítják a figyelmet. Az eltérő profilú fogyasztók más és más hőigénnyel jelentkeznek, ami érdekelletétek nélkül teszi lehetővé az energia és vízmegosztást. A gazdaságok területén lévő, jelentős számú meglévő-lefolyott és létesíthető termálkút energiája átalakítható, továbbítható a felhasználókhoz, így az agrárszektor energiaszolgáltatóként jelenhet meg. Optimális, 120°C feletti hőmérsékletű, kellő nagyságú, hozamú és nyomású termálbázisok esetében *villamosenergia termelésre*, kis és közepeserőművek létesíthetők. Alig néhány kistérség esik abba a területbe, ahol a hőmérséklet 2000m alatti mélységben nem éri el

a 60°C-ot, viszont többségük eléri a 90-130°C-ot vagy még ennél is jobb paraméterekkel bír. A telepítésre a mezőgazdasági telephelyek jó adottságokkal rendelkeznek. A kitermelési és üzemeltetési zajhatás távol esik a lakott területtől, a termelt villamos energia viszont a felhasználókhöz könnyen eljuttatható. A maradék hővel több, már fentebb említett mezőgazdasági funkció is működtethető [Mádlné 2008].

2.4. Kombinált energiatermelés

Az Észak-alföldi régió mezőgazdasága, adottságainál fogva, hagyományos feladatainak ellátása mellett, a geotermikus energia kiaknázásával biztosíthatja saját tevékenysége hőszükségletét, kedvező esetben lokális környezete energiaszükségletét is. A maximális hatékonyság akkor érhető el, ha egy adott telephelyen kombinált energiahasznosítás érvényesül, azaz nem csak egy, hanem lehetőleg az összes helyben lévő alternatív energiaforrást kiaknázzák és bevonják a hő és/vagy villamos energia-termelésbe. Ez jelentheti a geotermikus energia mellett, az állattartás és növénytermesztés során keletkező másodlagos nyersanyagok, energianövények feldolgozását, az épületek kihasználatlan tetőfelületein a napenergia felfogását, valamint szélturbinák állítását. A különböző energiaforrások ciklikus működése kiküszöbölhető azok megfelelő egymás mellé rendelésével, ami folyamatos, kiegyenlített energiatermelést eredményezhet. Mindez a mezőgazdasági profil és értékes termőterületek feláldozása nélkül végezhető. A településeket, kistérségeket ellátó, megújuló energiát hasznosító, kis- és közepes erőművek telepítési céljaira a mezőgazdasági telephelyek alkalmasak lehetnek. A helyi megújuló energiarendszerek megvalósulását állami eszközökkel, törvényalkotással hatékonyan elő lehet segíteni.

3. ÖSSZEGZÉS

Az Észak-alföldi régió a geotermikus energia terén kedvező adottságokkal rendelkezik, ami így a mezőgazdasági telephelyek számára hőtermelési céllal bárhol elérhető. Számos agrárgazdasági folyamat hőigénye e forrásból biztosítható. A kiemelkedő adottságú helyeken villamos energia termelésére is alkalmas forrás lehet. A geotermikus energia mellett egyéb helyben elérhető megújuló energiaforrásokkal kombinált energiatermelés valósítható meg, mellyel az agrárium már lokális energiaszolgáltatási feladatokat is elláthat.

ÁBRAJEGYZÉK

- [1. ábra: www.geothermalpower.hu *Hőmérséklet 2000m mélységben a felszín alatt.*]
- [2. ábra: Ángyán J. *Magyarország területének mezőgazdasági alkalmassága* Védett és érzékeny természeti területek mezőgazdálkodásának alapjai. Mezőgazda, 2003, Budapest.]
- [3. ábra: Árpási M. – Bobok E. *Környezetkímélő termálvíz-hasznosítás az iparban és a mezőgazdaságban.* Környezetvédelmi füzetek, 26. 1998, Budapest.]

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Árpási M. Geotermikus energia. In: Semberi P. – Tóth L. (szerk.): Hagyományos és megújuló energiák. Szaktudás Kiadó Ház, 2004, Budapest.
- [2] Csorba L. (szerk.) Magyarország mezőgazdasága 2005 - Gazdaságszerkezeti összeírás. Központi Statisztikai Hivatal, 2006, Budapest.
- [3] Hajdú-Bihar, Szabolcs-Szatmár-Bereg, Jász-Nagykun-Szolnok megyei Földhivatalok Hajdú-Bihar, Szabolcs-Szatmár-Bereg, Jász-Nagykun-Szolnok megye külterületi művelésből kivont telephely besorolású terület egységei. 2009, Debrecen, Nyíregyháza, Szolnok.
- [4] Kocsis K. A MÉM ágazatok energiagazdálkodása és energiatakarékossági feladatok. Agroinform, 1980, Budapest.
- [5] Mádlné Szőnyi J. A geotermikus energiahasznosítás nemzetközi és hazai helyzete, jövőbeni lehetőségei Magyarországon. MTA, 2008, Budapest.
- [6] Magyar Energia Hivatal Az Észak-alföldi régióban megújuló energiával működő villamos erőművek. A MEH adatai alapján, 2009, Budapest.
- [7] Molnár B. A Föld és az élet fejlődése. Nemzeti Tankönyvkiadó, 1984, Szeged, p. 351.

IMPACTS OF GEOTHERMAL ENERGY AND AGRICULTURE ON RURAL DEVELOPMENT

Numbers of possibilities are available for adaptation of geothermal energy in agricultural economy. However this type of green-energy requires intensive investment, it is accessible for local utilization in almost each agricultural area and can be used extensively in various sectors. In regions having the most talented with geothermal energy even its utilization by power plants is not impossible. Agricultural premises can be adequate sites of deploying small or medium sized power plants to supply settlements and sub-regions. Agricultural sectors can be latched on to complex energy utilization in more steps. The most economical utilization of energy sources is the complex exploitation, when consumers with different thermal need, exploit the necessary energy consumption by the interdependence and interrelationship. Utilization can be intensified by the combined adaptation of the renewable resources. Agriculture can be emerged as the energy-supplier of the area, generating additional income resource for the sector.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a 108-F-1sz. „Optimization of geothermal heating systems” c.– az EGT és a Norvég Alap által finanszírozott – projekt keretében valósult meg.



BELSŐ LEVEGŐ MINŐSÉGE

CSÁKI Imre

Debreceni Egyetem, Műszaki Kar
4028 Debrecen, Ötemető u.2-4
imrecsaki@mk.unideb.hu

KIVONAT

Az alacsony energiafelhasználású épületek építésmódja az utóbbi években gyorsan fejlődött. Ezek az épületek légtömörök ezért egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a belső levegő minőségére. Ebben a cikkben bemutatásra kerülnek azok a szennyező anyagok, amelyek a levegőbe kerülhetnek a külső levegőből és a benttartózkodó emberektől amik az ember közérzetét befolyásolják.

Kulcsszavak: aeroszol, radon, CO₂, páratartalom

1.BEVEZETÉS

A légtömör épületekben a szennyezett levegő a helyiségben marad csökkentve a benttartózkodók komfort érzetét. Az ablak nyitásával viszont energia veszteség áll elő és megnő azoknak a külső zavaró tényezőknek a hatása (páratartalom, por, pollen, hőmérséklet) amik nagymértékben befolyásolják a belső levegő minőségét. A német kutatók kimutatták, hogy a várható élettartam akár évekkel is csökkenhet azoknál az embereknél akik szennyezett levegőben hosszabb időt tartózkodnak minden nap.

A **belső levegő minőség** (BLM) alatt a komfort terek levegőjének minden nem termikus jellemzőjét értjük, melyek az ember közérzetét befolyásolják.

A belső levegő minőségét befolyásoló szennyezőanyagok:

- gázok és gőzök
- szaganyagok
- aeroszokok
- vírusok, baktériumok, gombák, spórák.[1]

2. MÉRTÉKEGYSÉGEK

Fanger kutatásai alapján kidolgozta a belső levegő minőség értékelésének módját, és új mértékegységeket vezetett be a levegő minőség értékelésére és a szennyezőanyag forraserősségének meghatározására. A viszonyítás alapjául az embert választotta. Az ember a belső levegő minőségét két érzékszervével érzékeli. Alapvetően szaglász útján az orral, valamint a szem kötőhártyájának viselkedésén keresztül.

A szennyezőanyag forraserősségének a mértékegysége: 1 olf

Definíció értelmében 1 olf a szennyezőanyag forraserőssége egy átlagos embernek ülő helyzetben nyugalmi fizikai állapotban, kellemes termikus hőegyensúlyt biztosító környezetben (átlagos tisztálkodási feltételek esetén).

Az érzékelhető levegőminőség mértékegysége: 1 decipol.

Definíció értelmében 1 decipol a levegő minősége tökéletes keveredés esetén a komforttérben, ha 1 olf a szennyező anyag forraserőssége és a szellőző levegő

térfogatárama 10 l/s (azaz 36 m³/h).

A koncentráció mértékegységei

a) térfogat-térfogatra vonatkoztatott koncentráció

$k_{t,t}$ [m³/m³]; [cm³/cm³]

Használatos még a ppm (Parts pro Millionen)

1ppm=1cm³/m³

a térfogat %-os érték: $k_{t,t\%}=100 \cdot k_{t,t}=t_f\%$

b) Tömeg-térfogatra vonatkoztatott koncentráció

$k_{s,t}$ [kg/m³]; [mg/m³]

c) Tömeg-tömegre vonatkoztatott koncentráció

$k_{s,s}$ [kg/kg]; [mg/kg]

A tömegszázalékos érték: $k_{s,s\%}=100 k_{s,s}$

d) db – térfogatra vonatkoztatott koncentráció

$k_{db,t}$ [db/m³], por, aeroszol részecske koncentráció értékelésére használjuk. [1]

1Bq az aktivitás, ha 1 másodperc alatt 1 atom bomlik el.

3. A BELSŐ LEVEGŐ MINŐSÉGÉT BEFOLYÁSOLÓ SZENNYEZŐANYAGOK ÉS HATÁSAI

3.1. A belső szennyező források

Széndioxid:

Forrás: Zárt térben a CO₂ jelenlétét elsősorban az emberi kilégzésnek lehet tulajdonítani. A belégzés során oxigént juttatunk a szervezetünkbe és széndioxidot lélegzünk ki.

CO ₂ koncentráció a légtérben	Emberi szervezetre kifejtett hatás
0,1 tf%	Pettenkofen szám
2,5 tf%	Nincs még hatás
3 tf%	Erős mély légzés
4 tf%	Órákon át fejfájást, szédülést okoz
5 tf%	0,5-1 órán át halált okozhat
8-10 tf%	Azonnali halál

1. Táblázat Széndioxid hatása [1]

Páratartalom:

Forrás: Az emberi kipárolgottatás, valamint a helyiségekben zajló közvetlen páratermelő tevékenység (zuhanyzás, mosogatás, főzés)

A levegő ideális relatív páratartalmának mértéke 40-60 százalék.

A lakások száraz levegőjétől a légutak kiszáradhatnak, köhögés léphet fel, nő a légúti fertőzések kockázata.

A belső levegő magas relatív páratartalma egyrészt növeli a poratkák elszaporodásának veszélyét, másrészt páralecsapódásokat eredményez a hidegebb

felületeken, melyek a gombák és baktériumok burjánzásához szükséges tényezők.

Szénmonoxid:

Forrás: Füstgázok közvetlenül a lakótérbe kerülnek:

- Gázkészülékek időszakos karbantartásának elmulasztása
- Vegyes tüzelésű kazánoknál, cserépkályhánál a levegő útját olyankor zárjuk el, amikor még jelentős mennyiségű el nem égett izzó szén található a tüztérben.
- Családi házzal összeépült garázs.

Füstgázok kéményből történő visszaáramlásakor:

- Eltömődött kémény.
- Hibás tervezésű kémény, a szél visszanyomja a füstgázokat.
- A lakásban nyomáscsökkenés következik be.

CO koncentráció a légtérben		Emberi szervezetre kifejtett hatás
0,003 tf%	30 ppm	Átlagkoncentráció = 8 órás munkahelyi egészség-károsodás nélküli tartózkodás határértéke.
0,02 tf%	200 ppm	Gyenge fejfájás, fáradtság, szédülés, émelygés, 2-3 óra tartózkodás után.
0,04 tf%	400 ppm	Erős fejfájás, rosszullét 1-2 óra után, életveszély 3 óra után
0,08 tf%	800 ppm	45 perc után erős fejfájás, rosszullét, halál 2-3 órán belül
0,16 tf%	1600 ppm	20 perc után erős fejfájás, rosszullét, halál 1 órán belül
0,32 tf%	3200 ppm	5-10 perc után erős fejfájás, rosszullét, eszméletvesztés, halál félórán belül
0,64 tf%	6400 ppm	1-2 perc után erős fejfájás, rosszullét, eszméletvesztés, halál 10-15 percen belül
1,28 tf%	12800 ppm	1-3 percen belül beáll a halál

2. Táblázat Szénmonoxid hatása [2]

3.2. A külső levegőből

Aeroszolkok:

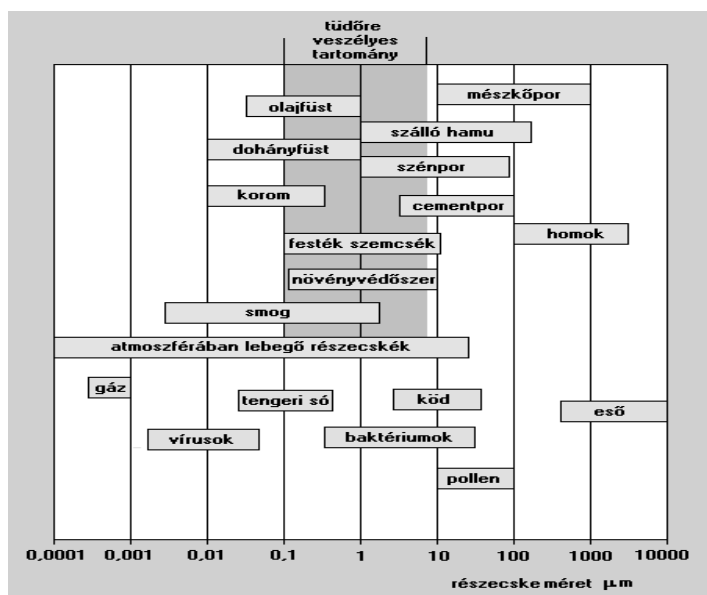
Aeroszolkok nevezzük valamely gáznemű közegben finoman eloszott szilárd vagy folyadék részecskék együttes rendszerét.

A talaj eredetű por, a vulkáni por és az elsődleges antropogén forrásokból származó aeroszol nagy részét durva részecskék teszik ki. A légkörben hosszabb ideig tartózkodó részecskék zöme a gázok kibocsátásából képződő másodlagos aeroszol.

Forrás	Mt/év
Természetes	
Elsődleges: talaj eredetű por, vulkáni por, biológiai hulladék	2883
Másodlagos: természetes prekursorokból származó szulfátok, NO_x -ből származó nitrátok	179
Antropogén	
Elsődleges: ipari por, elemi szén, biomassza égésből származó korom	113
Másodlagos: SO_2 -ből származó szulfátok, NO_x -ből származó nitrátok	256
Összesen	3431

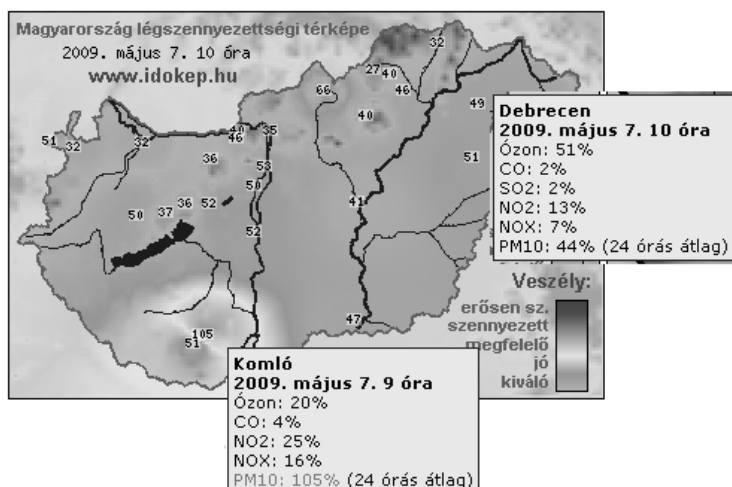
3. Táblázat Léggöri aeroszol részecskék forrásai [3]

A kis aeroszol részecskéktől (PM10) eredő terhelés főleg a légző rendszeren keresztül éri az emberi szervezetet. A belélegzett részecskék okozta kockázat függ a kémiai összetételüktől és attól, hogy a részecskék a légző rendszer mely részében rakódtak le.



1. ábra Tüdőre veszélyes aeroszol részecskék méretei[4]

Az aeroszol leggyakrabban mért tulajdonsága, amely egészségügyi és környezetellenőrzési szempontból is a legfontosabb, a tömegkoncentráció. Ez a gáznemű közeg egységnyi térfogatában mért részecskeanyag tömege, szokásos mértékegysége g/m^3 , mg/m^3 vagy $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



2. ábra Légszennyezettség térkép [5]

Radon:

Radon a periódusos rendszer 86. eleme Szintelen, szagtalan, de keserű ízű és radioaktív nemesgáz; az egyik legnehezebb gáz.

A radon elsősorban a talajból jut be a lakásba. Mennyisége függ a geológiai viszonyoktól, a talajszerkezettől, az időjárástól. A földgáz, a víz tartalmazhat jelentősebb mennyiségű radont. Maguk az építőanyagok is radioaktív források lehetnek: téglá, vályogtégla, beton, természetes építőkövek.

Az épületek szigetelése segíti a lakótérben a radon feldúsulását.

Radon forrása az épületekben	Hozzájárulás(%)
Földgáz	3,9
Víz	5,2
Külső levegő	13
Építőanyagok és talaj	77,9

4. Táblázat: Radon forrása az épületekben [6]

A tüdőrákot okozó tényezők sorában a radon a cigaretta után a második helyen áll. A belélegzett radont általában ki is lélegezzük. Különösen veszélyessé akkor válik, ha bomlástermékei megtapadnak a levegőben található aeroszol részecskéken, majd a tüdő falán. Éppen ezért minél több a légköri aeroszol, annál több bomlástermék juthat szervezetünkbe

3. A FRISSLEVEGŐ IGÉNY

A légzéshez szükséges kötelező frisslevegő.

$$\dot{V} = \frac{\dot{K}_{CO_2}}{K_{meg} - K_k} \left[\frac{m^3}{h} \right] \quad , \quad (1)$$

ahol: \dot{K}_{CO_2} - az ember CO_2 kibocsátása; k_{meg} – a koncentráció megengedett értéke [m^3/m^3]; k_k – a CO_2 koncentráció a külső levegőben [m^3/m^3] [1]

A MSZ 21875-2-1991 szabvány a frisslevegő igényt pontosítja a munkavégzés jellege alapján:

Munkavégzés	Minimális frisslevegő igény $m^3/h, fő$
Szellemi munka	30
Könnyű fizikai munka	30
Közepesen nehéz fizikai munka	40
Nehéz fizikai munka	50

5. Táblázat: Frisslevegő igény a munkavégzés jellege alapján [7]

4. KÖVETKEZTETÉSEK

Az emberiség fokozatosan alkalmazkodik a változó környezethez. Az ember életének 80 – 90 %-át zárt térben tölti el. Új helyzet teremtdött amihez az alkalmazkodás még folyamatban van. Fel kell ismerni a közvetlen környezetben előforduló szennyező anyagokat, ezek kibocsájtását csökkenteni. Szükséges hangsúlyt fektetni a belső levegő minőségének fenntartására, ezzel is növelve a komfort érzetet és az életminőséget.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dr. Bánhidi László, Dr. Kajtár László, Komfortelmélet, Műegyetemi Kiadó, 2000
- [2] www.szenmonoxid.hu
- [3] IPCC96
- [4] internet
- [5] www.idogep.hu
- [6] www.haea.gov.hu
- [7] MSZ 21875-2-1991

INDOOR AIR QUALITY

The method of construction of the low-energy buildings, developed rapidly in recent years. These buildings are airtight, therefore, the emphasis has been placed on the indoor air quality. In the airtight buildings the polluted air remains in the room, reducing the sense of comfort. opening the window, occurs, energy loss, and increase the effect of external disturbing factors (humidity, dust, pollen, temperature) which are greatly influencing the indoor air quality. It should be recognized that pollutants occurring in the environment, should be reduced. It is necessary to put emphasis on the indoor air quality, thereby increasing the sense of comfort and quality of life.

AUTOMATIKUS REPÜLÉSSZABÁLYOZÓ RENDSZEREK ÉRZÉKENYSÉGVIZSGÁLATA

SZABOLCSI Róbert

ZMNE Bolyai János Katonai Műszaki Kar, oktatási- és minőségbiztosítási dékánhelyettes
Automatizálási és Robotikai Intézet, intézetigazgató
Automatizálási és Folyamatirányítási Tanszék, tanszékvezető, egyetemi docens
☒: 1581 Budapest, Pf. 15., szabolcsi.robort@zmne.hu

KIVONAT

A szabályozási rendszerek irányítási folyamatait – függetlenül azok jellegétől – az állandóan változó külső környezet, a szabályozási rendszer „öregedése”, a rendszer paramétereinek folyamatos eltérése a kívánt értékektől, valamint egyéb más jellegű (pl. elhanyagolt rendszerdinamikai jellemzők) hatások is befolyásolják. A nyitott hatásláncú vezérlő rendszerekben e hatások a kimeneten közvetlenül is megjelennek – a vezérlés kimeneti jele így nem felel meg az előírt értéknek. A zárt hatásláncú szabályozási rendszer azonban képes érzékelni a külső, és a belső zavarások okozta eltéréseket a bemenet jel referencia értékétől, és igyekszik csökkenteni a nemkívánatos eltérést. E probléma kezelésére a szabályozási rendszerek *érzékenységvizsgálata* jelent megoldást. A szerző a cikkében az automatikus repülésszabályozó rendszerek érzékenységvizsgálatával foglalkozik. Bemutatja, hogy az érzékenységvizsgálat hogyan segíti a szabályozótervezés folyamatát, és hogyan támogatja a zavarvédetség javításának folyamatát. A szerző új példán keresztül mutatja be eme fontos elmélet gyakorlati alkalmazásának lépéseit.

Kulcsszavak: UAS, automatikus repülésszabályozó rendszer, érzékenységvizsgálat, stabilitásvizsgálat.

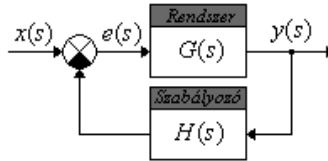
I. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Szabályozási rendszerek érzékenységeinek vizsgálatával DORF és BISHOP foglalkoztak, akik megadták a szabályozási rendszerek érzékenységgüggvényének matematikai leírását [1]. SZABOLCSI cikkében példákon keresztül mutatta be a zárt szabályozási rendszerek analízisének és szintézisének fontosabb lépéseit, és foglalkozott a zárt szabályozási rendszerek érzékenységeinek vizsgálatával is, amelyet a szabályozó előzetes tervezéséhez használt fel. Az automatikus repülésszabályozó rendszerek előzetes, LQ-alapú tervezésével SZEGEDI foglalkozott. Érdekes szabályozástechnikai területet képvisel a távirányítású légi robotok irányítása. SZABOLCSI részletesen foglalkozott a kezelőszemélyzet tevékenységének matematikai modellezésével [6, 7, 9, 10], mint a repülőgép-vezető repülésbiztonság szempontjából kritikus paramétereinek meghatározásával [4, 5]. POKORÁDI könyvében komplex módszertant ad meg, hogyan lehet az érzékenységvizsgálat segítségével egy repülőfedélzeti műszaki rendszer részegységének, vagy alkatrészének a meghibásodását, elhasználódását, valamint a környezeti hatások rendszerre gyakorolt hatását vizsgálni [8]. A szerző a számítógépes szimulációk elvégzéséhez a MATLAB programot [11], és a Control System Toolbox [12] segédprogramot alkalmazta.

II. SZABÁLYOZÁSI RENDSZEREK ÉRZÉKENYSÉGVIZSGÁLATA – ELMÉLETI MEGFONTOLÁSOK

A szabályozási rendszerek érzékenységvizsgálata számos olyan kérdésre ad választ, amely a szabályozási rendszerek tervezésekor, és azok vizsgálatakor óhatatlanul fel-

merül. Az általános felépítésű, egyszerű alakra hozott, zárt szabályozási rendszer hatásvázlatát az 1. ábra mutatja be.



1. ábra. A zárt szabályozási rendszer hatásvázlata.

Az 1. ábrán: $G(s)$ a szabályozott szakasz átviteli függvénye; $H(s)$ a visszacsatoló ág eredő átviteli függvénye; $x(s)$ a bemeneti jel operátoros alakja; $y(s)$ a kimeneti jel operátoros alakja; $e(s)$ a hibajel operátoros alakja. Az 1. ábra alapján írjuk fel előbb a zárt szabályozási rendszer alapjelre vonatkoztatott, majd a hibajelre vonatkoztatott eredő átviteli függvényeit [1]:

$$W(s) = \frac{y(s)}{x(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}. \quad (2.1)$$

$$W_e(s) = \frac{e(s)}{x(s)} = \frac{1}{1 + G(s)H(s)}. \quad (2.2)$$

A (2.1) egyenlet alapján elmondható: akkor valósul meg a lehető legpontosabban az alapjel követése, ha

$$G(s)H(s) \gg 1, \quad (2.3)$$

vagyis

$$y(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)} x(s) \cong \frac{1}{H(s)} x(s). \quad (2.4)$$

Könnyen belátható, hogy $H(s) = 1$ esetén a zárt szabályozási rendszer $y(s)$ kimeneti jele megegyezik az $x(s)$ bemeneti jellel. Nem szabad azonban szem elől téveszteni, hogy a (2.3) feltétel teljesítése erősíti a zárt szabályozási rendszer lengő hajlamát, de akár a stabilitás elvesztésével is járhat. Mindazonáltal, a felnyitott szabályozási kör $G(s)H(s)$ eredő átviteli függvényének növelése azt eredményezi, hogy a visszacsatolt, zárt szabályozási rendszer kevésbé lesz érzékeny a szabályozott szakasz $G(s)$ átviteli függvényének változására [1, 2]. Ha valamilyen okból (pl. öregedés, elhangolódás) megváltozik a szabályozott szakasz dinamikája, akkor a (2.1) egyenlet az alábbi alakban is felírható:

$$y(s) + \Delta y(s) = \frac{G(s) + \Delta G(s)}{1 + (G(s) + \Delta G(s))H(s)} x(s) = \frac{G(s) + \Delta G(s)}{1 + G(s)H(s) + \Delta G(s)H(s)} x(s). \quad (2.5)$$

A (2.4) és a (2.5) egyenletek felhasználásával az $y(s)$ kimeneti jel változása az alábbi összefüggés segítségével is meghatározható:

$$\Delta y(s) = \frac{\Delta G(s)}{1 + (G(s)H(s) + \Delta G(s)H(s))(1 + G(s)H(s))} x(s). \quad (2.6)$$

A gyakorlatban gyakran teljesül, hogy

$$G(s)H(s) \gg \Delta G(s)H(s), \quad (2.7)$$

ezért a (2.6) egyenlet a következő alakban írható fel:

$$\Delta y(s) = \frac{\Delta G(s)}{|1 + G(s)H(s)|^2} x(s). \quad (2.8)$$

A (2.8) átviteli függvény alapján elmondható, hogy a kimeneti jel változása – állandó $\Delta G(s)$ rendszerdinamikai változás mellett – annál kisebb, minél nagyobb a tört nevezője. A dinamikus rendszer érzékenységet az alábbiak szerint definiáljuk [1, 2]:

$$S(s) = \frac{\partial W(s)/W(s)}{\partial G(s)/G(s)} = \frac{\partial W(s)}{\partial G(s)} \frac{G(s)}{W(s)}. \quad (2.9)$$

A (2.9) egyenlet alapján az alábbi érzékenységgüggvényeket definiálhatjuk:
– érzékenység a rendszerdinamikában bekövetkező változásokra:

$$S_G^W = \frac{\partial W(s)}{\partial G(s)} \frac{G(s)}{W(s)} = \frac{1}{1 + G(s)H(s)}. \quad (2.10)$$

– érzékenység a visszacsatoló ágban (érzékelő) bekövetkező változásokra:

$$S_H^W = \frac{\partial W(s)}{\partial H(s)} \frac{H(s)}{W(s)} = -\frac{G(s)H(s)}{1 + G(s)H(s)}. \quad (2.11)$$

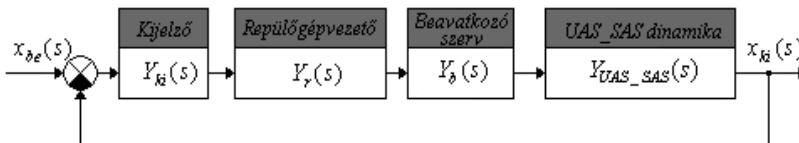
A (2.4) egyenlet alapján megállapítható, hogy a nagy értékű $G(s)H(s)$ hurokátviteli függvény esetén a rendszerdinamikában bekövetkező $\Delta G(s)$ változásra kevésbé lesz érzékeny a zárt szabályozási rendszer, míg a $\Delta H(s)$ változás közvetlenül befolyásolja a kimeneti jel értékét – ily módon tehát az érzékelő megfelelő megválasztásával törekedni kell a $H(s) = \text{const.}$ értékre ($\Delta H(s) \cong 0$).

III. KÍSÉRLETI UAS¹ AUTOMATIKUS REPÜLÉSSZABÁLYOZÓ RENDSZERÉNEK ÉRZÉKENYSÉGVIZSGÁLATA

A UAS rendszerek irányítására két módszer kínálkozik. Az első az UAS rendszer kézi irányítása, amikor a kezelő (repülőgépvezető) távirányítással kormányozza a repülőgépet. E módszer alkalmazható úgy vizuális látótávolságon belül, mint azon kívül végrehajtott repülésekre is. A másik kínáló módszer az UAS repülésének automatizálása. Más szóval, a repülés egyes fázisaiban – előre megadott repülési pályán – a feladeti automatikus repülésszabályozó rendszer kormányozza a repülőgépet. A szerző egy hipotetikus, kísérleti repülőgép feltételezett matematikai modelljével, és feltételezett irányítási rendszerének érzékenységvizsgálatával foglalkozik.

3.1. Kísérleti UAS kézi irányításának érzékenységvizsgálata

A kísérleti UAS rendszer hatásvázlata a 2. ábrán látható.



2. ábra. Kísérleti UAS rendszer kézi irányítása.

A repülőgép vezetéséhez szükséges információkat a repülőgép-vezető részére ki-

¹ Unmanned Aerial System

jelzón jelenítik meg. A továbbiakban feltételezzük, hogy a kijelző holtidő- és időkésés nélküli, gyors információ megjelenítést tesz lehetővé, ezért annak átviteli függvényét egységnyi erősítésűnek tekintjük, vagyis

$$Y_{ki}(s) = 1. \quad (3.1)$$

A kezelő/repülőgépezető tevékenységének matematikai modellezésével a [6, 7, 9, 10] irodalmak foglalkoznak részletesen, míg a [4, 5, 10] irodalmak a repülőgépezetők – repülésbiztonság szempontjából – kritikus paramétereinek meghatározásával foglalkoznak. A továbbiakban feltételezzük, hogy a kezelő tevékenysége – többcsatornás irányítások esetén – holtidős, proporcionális taggal írható le, vagyis:

$$Y_r(s) = K_p e^{-s\tau} \cong K_p \frac{1 - \tau/2 s}{1 + \tau/2 s}. \quad (3.2)$$

A (3.2) egyenletben a holtidő közelítésére elsőrendű Padé-approximációt alkalmaztunk, ahol $\tau = 0,5s$ [1, 4, 5, 6, 7]. Vizsgálataink során feltételezzük, hogy a beavatkozó szerv gyors működésű, időkésés, és holtidő nélküli, így módon annak átviteli függvénye a következő lesz:

$$Y_b(s) = 1. \quad (3.3)$$

Végezetül, a kísérleti, hipotetikus UAS hosszirányú rövidperiodikus dinamikája, más szóval az átviteli függvénye legyen a következő:

$$Y_{UAS}(s) = \frac{\omega_z(s)}{\delta_m(s)} = \frac{A(s + T_g)}{(s^2 + 2\xi_\alpha \omega_\alpha s + \omega_\alpha^2)}. \quad (3.4)$$

Az UAS paraméterei legyenek az alábbiak:

$$A = 10; T_g = 0,2s; \xi_\alpha = 0,2; \omega_\alpha = 5rad/s. \quad (3.5)$$

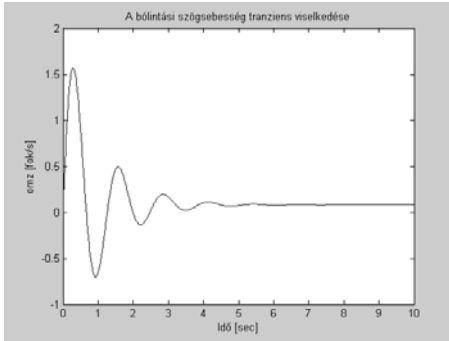
A (3.4) egyenlet – a (3.5) paraméterek figyelembevételével – az alábbi alakban is felírható:

$$Y_{UAS}(s) = \frac{10s + 2}{(s^2 + 2s + 25)}. \quad (3.6)$$

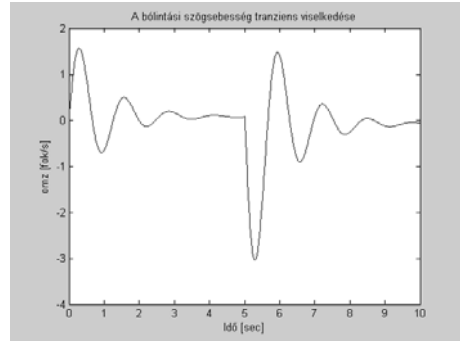
A bólintási szögsebesség irányítása során a nemirányított (irányításmentes) UAS számítógépes analízisének eredményeit a 3. és a 4. ábra mutatja be. A 3. ábra alapján megállapítható, hogy a tranziens folyamat kezdetén – a kis értékű csillapítási tényező miatt – a bólintási szög nagy túllendüléssel válaszol a bemeneti $f(t) = l(t)$ vizsgálójelre. A 4. ábrán az UAS négyszögjel bemeneti jelre adott válaszfüggvényét látjuk. Itt is megállapítható, hogy az UAS sajátlengéseinek csillapítása kicsi, ezért csak nagyszámú előjelváltó lengés után áll be a stationer állapot.

A (3.5) egyenlet alapján elmondható, hogy a nemirányított UAS kis értékű csillapítási tényezővel rendelkezik, ezért – javítandó a dinamikus minőségi jellemzőket – a gyakorlatban sokszor csillapító automatát (Stability Augmentation System – SAS) építenek az UAS rendszerre. Feltételezzük, hogy az általunk is vizsgált UAS rendszer arányos, 0,5 értékű merev visszacsatolással rendelkezik. Ennek megfelelően, a visszacsatolt UAS rendszer átviteli függvénye a következő lesz:

$$Y_{UAS_SAS}(s) = \frac{\omega_z(s)}{\omega_{z_c}(s)} = \frac{10s + 2}{s^2 + 7s + 26}. \quad (3.7)$$



3. ábra. A nemirányított UAS viselkedése időtartományban.



4. ábra. A nemirányított UAS viselkedése időtartományban.

A gyakorlatban, számos esetben szükséges a zárt szabályozási rendszerek érzékenységvizsgálatának lefolytatása. Ismeretes, hogy az UAS kézi irányítása során, a repülőgép-vezető paraméterei folyamatosan változhatnak. Érdekes megvizsgálni, hogyan az UAS bólintási szög stabilizáló zárt szabályozási rendszere mennyire érzékeny a változásokra. A 2. ábra alapján – felhasználva a (3.1)-(3.7) összefüggéseket – az UAS zárt szabályozási rendszerének átviteli függvénye a következő lesz:

$$W(s) = \frac{g(s)}{g_c(s)} = \frac{K_p(-2,5s^2 + 9,5s + 2)}{0,25s^4 + 2,75s^3 + s^2(13,5 - 2,5K_p) + s(26 + 9,5K_p) + 2} = \frac{A(s)}{B(s)}. \quad (3.8)$$

A (3.9) egyenletet felhasználva, az UAS rendszer érzékenységi függvénye az alábbi összefüggéssel adható meg:

$$S_{W^p}^{K_p}(s) = \frac{dW(s)}{dK_p} \frac{K_p}{W(s)}, \quad (3.9)$$

$$S_{W^p}^{K_p}(s) = \frac{dW(s)}{dK_p} \frac{K_p}{W(s)} = \frac{\frac{dA(s)}{dK_p} B(s) - \frac{dB(s)}{dK_p} A(s)}{(B(s))^2} K_p \frac{B(s)}{A(s)}, \quad (3.10)$$

$$\frac{dA(s)}{dK_p} = -2,5s^2 + 9,5s + 2, \quad (3.11)$$

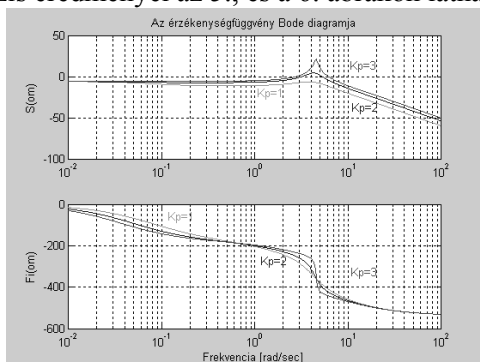
$$\frac{dB(s)}{dK_p} = -2,5s^2 + 9,5s. \quad (3.12)$$

Behelyettesítve a (3.11)–(3.12) egyenleteket a (3.10) kifejezésbe az alábbi egyenletet kapjuk.

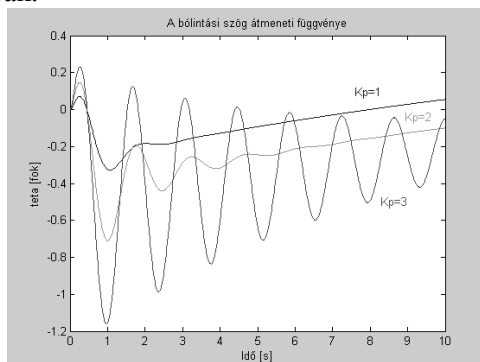
$$S_{W^p}^{K_p}(s) = \frac{2,5K_p s^2 - 9,5K_p s + 1}{0,25s^4 + 2,75s^3 + s^2(13,5 - 2,5K_p) + s(26 + 9,5K_p) + 2}. \quad (3.13)$$

A (3.13) egyenlet alapján vizsgáljuk meg a zárt szabályozási rendszer érzékenység függvényének viselkedését frekvenciatartományban a $K_{p_1} = 1$, $K_{p_2} = 2$, és a $K_{p_3} = 3$ értékekre. Hasonlóképpen, vizsgáljuk meg a zárt szabályozási rendszer viselkedését időtartományban, és határozzuk meg az átmeneti függvényt is. A számítógépes analí-

zis eredményei az 5., és a 6. ábrákon láthatóak.



5. ábra. Az UAS zárt szabályozási rendszer érzékenységeinek viselkedése frekvenciatartományban.



6. ábra. Az UAS zárt szabályozási rendszer érzékenységeinek viselkedése frekvenciatartományban.

Az 5. ábra alapján könnyű belátni, hogy a K_p erősítés növekedése esetén az érzékenységfüggvény erősítési tényezője folyamatosan növekszik: főleg közepes és nagyfrekvenciás tartományban számottevő a növekedés. A fázisszög ellentétes értelemben változik: kis- és közepes frekvenciatartományban érdemi a változás, míg a nagyfrekvenciás tartományban szinte nincs változás a fázisszögben. A 6. ábra alapján megállapítható, hogy a K_p erősítés növelése a zárt szabályozási rendszert az instabilitás irányába viszi el: az erősítési tényező növekedése egyértelműen a lengési hajlam lényeges növekedését mutatja.

IV. ÖSSZEFOGLALÁS

Az UAS rendszerek egyre szélesebb körben terjednek el úgy a katonai-, mint a polgári alkalmazási területeken. Az UAS rendszerek fedélzeti automatikus repülésszabályozó rendszere tervezése során megkerülhetetlen az érzékenységvizsgálat. Magától értetődik, hogy irányítási paraméterként olyan műszaki paramétert kell választani, amelyre az UAS fedélzeti rendszer a lehető legnagyobb mértékben érzékeny, másképp, egy és ugyanazon irányítási hatékonyság eléréséhez nagyon nagy energiákat kell befektetni. A szerző a cikkben bemutatta, hogy az UAS zárt szabályozási rendszer – kézi irányítások esetén – mennyire érzékeny a repülőgép-vezető erősítési tényezőjének megváltozására. Az erősítés növekedése az érzékenység növekedésével jár, és ez kifejezetten előnyös. Látni kell azonban, hogy az erősítés növekedése a zárt szabályozási rendszert a stabilis működés határa felé közelíti. Megállapítható tehát, hogy az UAS vezetésére leginkább olyan személyek alkalmasak, akik nem túlzottan nagy mozdulatokkal irányítják az UAS-t, inkább gyakrabban, de kisebb kormánymozdulatokat tesznek a szükséges térbeli helyzet eléréséhez. A cikkben bemutatott elméleti összefoglaló, az irányítástechnikai módszertani alapok, és a feladat megoldásához a szerző által készített MATLAB m-file jól alkalmazható más típusfeladat megoldásához is.

OPUS CITATUM

- [1] [1] DORF. R. C. – BISHOP R. H.: Modern Control Engineering, ISBN 0-13-031411-0, Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 2001.
- [2] [2] SZABOLCSI Róbert: Szabályozási rendszerek számítógépes analízise és szintézise, Szolnoki Tudományos Közlemények V, ISSN 1419-256x, (187-193) o., 2001.
- [3] [3] SZEGEDI Péter: Repülésszabályozó rendszerek szabályozóinak számítógépes analízise és szintézise, PhD értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, Budapest, 2005.
- [4] [4] SZABOLCSI Róbert: A repülőgép-vezető repülésbiztonság szempontjából kritikus paramétereinek meghatározása, Debreceni Műszaki Közlemények, V. évf., 2006/3. szám, ISSN 1587-9801, (13-24) o., Debreceni Egyetem, 2006.
- [5] [5] DR. HABIL. SZABOLCSI Róbert: A repülőgép-vezető kritikus paramétereinek komplex vizsgálata az oldalirányú irányítási csatornában, Repüléstudományi Közlemények, ISSN 1417-0604, XVIII. évf., 38. szám, 2006/1, (97-117) o., 2006.
- [6] [6] DR. HABIL. SZABOLCSI Róbert: Modeling of the Human Pilot time delay Using Padé Series, International Journal of “Academic and Applied Research in Military Science AARMS”, ISSN 1588-8789, Vol. 6., Issue 3, p(405-428), 2007.
- [7] [7] DR. HABIL. SZABOLCSI Róbert: Hőtíds tagok közelítése Padé-sorokkal, A „Pilóta nélküli és szállító repülőgépek katonai alkalmazhatósága” tudományos konferencia kiadványa, 2007. április 20., Repüléstudományi Közlemények, ISSN 1417-0604, CD-ROM különszám, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Repülőműszaki Intézet, 2007.
- [8] [8] PROF. DR. POKORÁDI László: Rendszerek és folyamatok modellezése, ISBN 978-963-9822-06-1, Campus Kiadó, Debrecen, 2008.
- [9] [9] DR. SZABOLCSI Róbert. *Handling Time Delay in Control of Unmanned Robots*, Bolyai Szemle, ISSN 1416-1443, XVII. évf. 4. szám, (47-60) o, ZMNE Bolyai János Katonai Műszaki Kar, 2008.
- [10] [10] DR. HABIL. SZABOLCSI Róbert: Pilot-in-the-Loop Problem and its Solution, Proceedings of the International Conference „Scientific Research and Education in the Air Force” AFASES 2009, Brasov, Romania, 20-22 May 2009 (in print).
- [11] [11] *MATLAB® 6.5 (Release 13) – The Language of Technical Computing*, User's Guide, The MathWorks, Inc., 2002.
- [12] [12] *CONTROL SYSTEM TOOLBOX 5.1 for Use with MATLAB® (Release 12.1)*, User's Guide, The MathWorks, Inc., 2001.

SENSITIVITY ANALYSIS OF THE AUTOMATIC FLIGHT CONTROL SYSTEMS

Processes and control systems, whatever their nature, are subjected to continuously changing environment, aging of the technical systems, and to ignorance of the exact values of the process parameters, and finally, to other factors affecting process control. In open-loop control systems all these factors influencing output of the process directly. However, meaning of the closed-loop control is to sense changes in the output signal, and to correct it to have no change in it, if there is no change in reference signal. Ability of the closed loop control system to keep output constant can be analyzed using sensitivity analysis of the closed loop system to a given factor. The purpose of the author is to derive effects of the human factor on behavior of the automatic flight control system of the UAS.

160 ÉVES TÖRÖKSZENTMIKLÓSON A MEZŐGAZDASÁGI GÉPGYÁRTÁS

LIBOR József

Szolnoki Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Fakultás
5400 Mezőtúr, Petőfi tér 1., e-mail: libor@mfk.hu

KIVONAT

Jász- Nagykun-Szolnok megye az ország egyik legnagyobb élelmiszer előállító megyéje volt a XIX. században, a gépipar a megye egyik legrégebb gazdasági ágazata, amely alapjait egy egyszerű kovácsmester, bizonyos Lábassy János rakta le, amikor 1848-ban az Almásy grófok uradalmában létrehozta kovácsműhelyét. Nem sokkal ezután beköltözött Török-Szent-Miklóstra, ahol a Pestet Debrecennel összekötő – a mai 4-es - főúton vásárolt telken megépítette kis vállalatát, melyet az évek folyamán mintegy 20- 30 főt foglalkoztató gyárrá fejlesztett. Ez a vállalkozás túlélte Magyarország legkorábban alapított „magyar” gyárát is, a Vidats –féle gyárat, amely az 1870-es gazdasági válság hatásait nem tudta elviselni. Így elmondhatjuk, hogy ez a ma is létező gyár, igaz már nem az egykori nevén, Magyarország legrégebb gyára. De minek köszönhette a túlélést? A közben eltelt mintegy másfél évszázad történései alapján látható, hogy az idők folyamán a követelmények alapján nem változtak, csak a feltételek, amelyek között működni kell egy – egy vállalkozásnak.

Kulcsszavak: gyáralapítás, innováció, szellemi tulajdon

1. BEVEZETÉS

Tíz évvel ezelőtt megalakult a Lábassy János Ipar- és Gyártörténeti Alapítvány abból az alkalomból, hogy 150 évvel korábban az Alapítvány névadója kialakított egy kovácsműhelyt, melyből az idők folyamán mezőgazdasági gépeket gyártó vállalat fejlődött. Az alapító tagok többsége – így én is - dolgozott ebben a gyárban, melynek neve sokszor változott az idők során. Az alapítás célja az volt, hogy a gyár egykori neve ne vesszen a feledés homályába, egyértelműen kötődjön Törökszentmiklós város nevéhez. Az alapítás óta az Alapítvány kuratóriumának elnökeként igyekszem e cél érdekében tevékenykedni.

2.TÖRÖKSZENTMIKLÓS A XIX.SZÁZAD KÖZEPÉN

Török-Szent-Miklós „mezőváros Heves vármegyében, rónaságon, .. a Pestről Debrecenbe vivő országútnban, a Tisza folyamtól délre ½ órai távolságra, ennek Tinóka nevű kiszakadása mellett. Népeisége 8.034 lélek, kik közt ... kézműves 125, telkesgazda 400, házas zsellér 670, kereskedő 7. Határa 24.700 hold/ a puszták nélkül/ 1200 négyszögölével. Szántófölde némi kevés szikkel vegyített, és észak-keletről igen csekély homokot kivéve /Surján/ általában gazdag acélos fekete föld, melly híres tiszta búzát, kétszerest, árpát, zabot, repczét, kölest, tengerit, erős dohányt terem, de burgonyát nem, s rozs nem is vettetik. ... Országos vásárt hármalt tart...heti vásárok szerdán tartatnak, s az országos vásárokbán marha és kirakodó vásár együtt.” [1]

Nos 1848-ban ennek a városnak a határában hozta létre műhelyét Lábassy János kovácsmester. Hogyan tudott megmaradni a mai napig ez az egykori-mai szóhasználat élve – vállalkozás? Minek köszönhető ez? A következőkben talán választ kapunk erre a kérdésre.

3. AZ INNOVÁCIÓ

Mit is jelent az innováció szó? Nézzünk meg két megközelítést:

klasszikus: az innováció egy új termék, egy új folyamat vagy új szervezési modell sikeres bevezetése a piacra. (Joseph Schumpeter)

napjainkban: az innováció egy ötlet átalakulása:

- a piacon bevezetett új, ill. korszerűsített termék, vagy
- az iparban vagy a kereskedelemben felhasznált új, ill. továbbfejlesztett művelet, vagy
- valamely szolgáltatás újfajta megközelítésévé. (OECD ún. Frascati kézikönyvében¹)

Mindkettőben közös az **új**, mint jelző, amely egy termékhez, szolgáltatáshoz, illetve szervezéshez kapcsolódik.

Mikor új egy termék?

Akkor, ha bevezetési vagy felfutási szakaszban van; életkora szerint, ha 1-3 évesnél nem idősebb; jellege szerint, ha a cég vagy a piac addigi, hasonló termékeihez képest jelentős változást mutat használati értékében vagy jellemzőiben. A termék fogalmának széles értelmezése alapján új termék az az új technológia is, amivel azonos terméket jobb (megbízhatóbb) minőségben, hatékonyabban, környezetkímélőbben, nagyobb mennyiségben, olcsóbban, stb. lehet előállítani.

Az innováció tehát lehet: termék-, technológiai, szervezeti, piaci innováció.

A termék-innováció: egy technológiailag módosított termék forgalomba hozatala.

Technológiai innovációról akkor van szó, ha egy termék gyártástechnológiájában jelentős változás történik. Ez új termelő-berendezés, új menedzselési és szervezési módszerek, vagy mindkettő eredménye lehet.

A szervezeti és piaci innováció olyan tekintetben bír jelentőséggel elsősorban, hogy

- a szervezeti innovációk technológiai,
- a piaci innovációk pedig – elsősorban módosító – termék-innovációkat vonhatnak maguk után.

Az innováció fogalmához természetesen különböző tevékenységek is kapcsolódnak, úgymint:

- a kutatás-fejlesztés (K+F),
- a tervezés,
- a termelésben még nem alkalmazott technológia megvásárlása,
- a „tárgyasult technológia” (gépek, berendezések) megszerzése,
- a felszerszámozás és engineering,
- a gyártás megindítása,
- az új termék marketingje, stb.

¹ Frascati manual 1992. Proposed standard practice for survey of research and experimental development

A K+F-hez még kapcsolhatóak az új termékkoncepciók megszerzésének és a technológiatranszfernek a mozzanatai[3].

E felsorolás alapján elmondható, hogy Lábassy János szinte mindegyiket alkalmazta akkor, amikor 1848-ban létrehozta műhelyét. Ezt követően beindította iparszerű termelését a kovácműhelyt felváltó gyárában, ahol földművelő eszközök gyártására helyezte a hangsúlyt.

Az 1860. szeptember 28-30. között Törökszentmiklóson megtartott kiállítás, amely első volt nem csak a városban, hanem a megyében is, egyik díjazottja volt ekéje, amely 18 eke közül lett győztes.

Hormbsy rendszerű, de általa módosított öntött szántóvasú eszközzel van szó.[5]

Az innováció gyakorlata

Az innováció egy gondolkodásmód, ami elsajátítható és a gyakorlatban alkalmazható.

A vállalkozásoknak, vállalkozóknak célrátörően kell keresniük az innováció forrásait, figyelniük a változásokat, illetve azokat a jelenségeket, melyek jelzik a sikeres innováció lehetőségeit.

Ismerniük kell a sikeres innováció elemeit, szereplőit, ösztönzőit, kockázatát, gátja-
it.

Innováció = kockázat

- minden vállalkozásban, fejlesztésben, vagy lépésben van kockázat,
- a legnagyobb vállalkozási kockázat a bukás kockázata,
- amikor jól mennek a dolgok, a legnagyobb beruházás-elriasztó tényező a bukás kockázata („kell-e nekünk ezt a kockázatot vállalnunk?”)
(kivonat az OMFB „Innovációs stratégia a versenyképességért” c. kiadványából, 1999.december)
- sok cég, legyen akár kicsi, akár nagy, csak akkor szánja rá magát innovációra,
- amikor a „szokásos ügymenetet” megzavarja a piac változása vagy más gazdasági folyamatok.

„Élétrealóságát üzemének a kitűnő termékeken túl alapuló létjogosultságát már a tény is fényesen igazolja, hogy a válságot túlélte, hogy sértetlenül került ki a megalapozatlan kisvállalkozások egész sorát elsöprő gazdasági viharokból.”[5]

Az innováció szereplői

„Olyan, hogy innovatív vállalkozás, nem létezik. Csak innovatív emberek vannak.

Az innovatív emberek sokasága nagyon ígéretes, ugyanakkor veszélyes is.” (Tom Peters, 1987)

Az emberek kevesebb, mint 4%-a valódi újító (innovátor).

Körülbelül további 20% képes az ehhez szükséges készségeket elsajátítani és innovatívvá válni.

A nagy többség (a maradék 76%) általában ellene van a „radikális” változásoknak és a „kockázatnak”. Ők ellenzik az innovációt, vagy tartózkodnak a változásoktól.

A 76% képes befolyásolni az innováció és a status quo egyensúlyát. (Lewin- féle egyensúly)

„E vitalitás alapja Lábassy János már említett örökösen új és tökéletesebb műszaki megoldásokat kereső, találó és gyakorlatba átültető vállalkozói egyénisége volt, amely szerencsésen találkozott a termékei kiválóságát féltő gonddal ügyelő iparos igényességével.”[7]

Az innováció ösztönzésének formái:

Belső ösztönzőkön értjük az újítók ösztönzését és bátorítását, melyet össze kell kapcsolni az újításnak a megalapozott, strukturált üzleti tervbe való illesztésével.

Külső ösztönzőkön az általános üzleti környezet ösztönzőit (pl. adókedvezmények) értjük melyek serkentik az innovációt.

„A kiegyezés után a hazai gazdasági élet, ha araszolgatva is, de előbbre jutott. A legelőkből mind nagyobb földdarabot eke alá fognak ország szerte. Ehhez a munkához jó és tartós ekék feleltek csak meg. A termelés korszerűsítése érdekében jobb, nagyobb teljesítményű gépek gyártására igény volt.”[6]

Az innováció gátjai (főleg közép- és nagyvállalatoknál):

- technológiai gátak
- a függőleges integrációval és a pénzügyi partnerekkel kapcsolatos gátak
- a konkurencia válaszlépései
- a tapasztalatlanságból adódó gátak
- a szellemi tulajdonból adódó gátak
- a licencekkel és szabványokkal kapcsolatos korlátok

A külső gátak megsokszorozódhatnak, egymás hatását erősíthetik és gyakran nagy bukási esélyt jelentenek az innováció szempontjából, de akár a cégek szempontjából is. Jó példa erre a Vidats-féle gépgyár tönkremenetele.

4. SZELLEMI TULAJDON

A **szellemi tulajdon** két nagy csoportját különböztetjük meg:

- irodalmi, művészeti alkotások
- műszaki megoldások, termékek.

Ez utóbbival foglalkozik az iparjogvédelem, melynek területei:

- szabadalom
- használati mintaoltalom
- formatervezési minta
- védjegy
- földrajzi árujelző
- növényfajta-oltalom
- kiegészítő oltalmi tanúsítvány.

Ide soroljuk még a know-how-t is, bár erre nem terjed ki az iparjogvédelem.

Abban az időben még csak a szabadalmakat ismerték el, így a többi területről nem találni példákat.

Szellemi tulajdon lehet saját produktum, de meg is lehet vásárolni (licencia). Előfordulhat, hogy – elsősorban eljárások és konstrukciós megoldások esetében – a vállalkozás valamilyen tudatos üzletpolitikai megfontolásból (tehát nem hanyagság, vagy tájékozatlanság miatt) nem folytat le bejegyzési eljárást.

Szellemi tulajdon – szükség van rá?

Néhány gondolat a kérdés megválaszolásához:

- A szellemi tulajdon maga is az innováció stratégiai gátja lehet.
- Alacsony iparjogvédelmi tájékozottsági szint.
- A szabadalmak beadása összetett, drága tevékenység.
- A szabadalmi eljárás időigényes tevékenység, ami igen nagy adminisztrációt is igényel az újtótól.
- Általában szükség van professzionális segítségre (szabadalmi ügyvivő) is.
- Kedvezőtlen jogérvényesítési tapasztalatok.
- A technológiai haladás felgyorsulása egyre inkább megkérdőjelezheti a védelem értékét meg kell becsülni a termék életciklusát és reprodukálhatóságát.

Az utóbbi két pont azokban az időkben talán még nem volt annyira jellemző, mint ma.

Lábassy János mindezek ellenére élt szellemi tulajdonának levédetésével. Ehhez felkereste a Réthy János Mérnöki és Szabadalmi irodát és segítségükkel beadta szabadalmait elbírálásra. Jelenleg két szabadalmát ismerem, de az ez irányú kutatásaim még nem értek véget. Tudni kell, hogy 1896 évvel bezárólag a magyar szabadalmakat német nyelven írták és azokat Bécsben őrzik a szabadalmi tárban. Másik nehezítő tényező, hogy az 1890-es évek kezdetéig kézzel írták azokat. Mindkét szabadalmának tárgya eke, melyeket még ma is használnak a kis gazdaságokban. A folyton tökéletesebbé tételre való törekvést jól mutatja, hogy a szabadalom címében a jobbítás, javítás szót használja. Korai, fagerendelyes, majd későbbi vaskéire jellemző farcsavar alkalmazásával a szántás mélysége szabályozható volt, kellő stabilitásuk, könnyű kezelhetőségük miatt még ma is használhatók.

Az eddigiekből kitűnik, hogy Lábassy János kora egyik jelentős innovátora volt, hiszen egész tevékenységét a megfontolt, folytonosan a vevői igényeknek való megfelelés jellemezte, melynek eredményeként olyan termékekkel tudta a cégét versenyképesé tenni, melyek alkalmazkodtak a mindenkori felhasználási körülményekhez, iparjogilag le voltak védve, így a konkurenciával szemben biztonságot nyújtottak.

Dr. Káposztás István így értékeli életművét: „jól vezetett kiváló minőségű árukkal piacra lépő műhelyt hozott létre...meg kellett rekednie tőkehiány miatt a vidéki ekegyárak között egynek.”[7]

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] MTESZ J-N-SZ megyei Szervezete: Kis- és középvállalkozások működése az Európai Unióban tanfolyam Szolnok 2004, CD
- [2] Jász-Nagykun-Szolnok megye Innovációs Stratégiája (Laser Consult Műszaki-Tudományos és Gazdasági Tanácsadó Kft.)
- [3] Birkás László: Az innováció néhány problémája
- [4] T and T Alapítvány: Kis –és középvállalkozások tréningje 2005.02.08. Budapest
- [5] Fényes Elek: Magyarország geographiai szótára IV., 1851
- [6] Szabó Antal: Lábassy János életéről. Fejezetek Törökszentmiklós múltjából II. Törökszentmiklós, 2005. p. 220-241
- [7] Dr. Káposztás István, Szilágyi Gábor: A Törökszentmiklói Mezőgazdasági Gépgyártás története. Kézirat. 1972. Bp.

THE OF AGRICULTURAL MACHINE PRODUCTION IN TÖRÖKSZENTMIKLÓS IS 160 YEARS OLD

Jász-Nagykun-Szolnok county was one of the biggest agricultural county in the XIXth century, and because of it the machine industry was the oldest field. The oldest machine factory in Hungary was founded by a simple black smith, named János Lábassy in 1848. His little smith workshop was in the estate of earl Almásy in Törökszentmiklós. The workshop developed to a factory with 20-30 workers in the village. Thus the names and the owners were changed, the factory is working today too. How is it possible? The economic conditions are changed from time to time, but there are some constant solution methods to help survive the difficult periods.

FORGÁCSOLÁSI PARAMÉTEREK FÚRÁSI FOLYAMATRA GYAKOROLT HATÁSA KÖRNYEZETBARÁT MEGMUNKÁLÁSOKNÁL

SZIGETI Ferenc^{*} - VARGA Gyula^{**} - PÉTER László^{*} - SZÁZVAI Attila^{*}

^{*}Nyíregyházi Főiskola, 4400, Nyíregyháza, Sóstói út 31/B, gepgyartas@nyf.hu

^{**}Miskolci Egyetem, 3515, Miskolc, Egyetemváros, gyulavarga@uni-miskolc.hu

KIVONAT

A környezetbarát megmunkálási technológiák kutatása időszerű, hiszen számos érv szól a hűtő-kenő folyadék csökkentése, a minimálkenés megvalósítása mellett. Ennek köszönhető, hogy egyre szélesebb körben terjed a környezetbarát olajok használata, a minimálkenés, illetve a szárazmegmunkálás alkalmazása. A dolgozatban bemutatjuk, hogyan befolyásolja a különböző előtolás (f), fúrási hossz (L_0) és hűtő-kenő anyag mennyisége (\dot{V}_{oil}) a fúrás erő-és nyomatékszükségletét.

Kulcsszavak: Környezetbarát megmunkálás, Száraz megmunkálás, Minimális mennyiségű kenés

1. BEVEZETÉS

A Nyíregyházi Főiskola Műszaki Alapozó és Gépgyártástechnológia Tanszékén a Miskolci Egyetem Gépgyártástechnológia Tanszékével szoros együttműködésben 2006 óta folynak minimálkenéssel kapcsolatos kutatások.

A kísérletek célja a forgácsolás technológiai paraméterei forgácsolási folyamatra, valamint a fúrókopásra gyakorolt hatásának vizsgálata szürkeöntvény külső minimálkenéssel történő furatmegmunkálásnál. Ennek során mérjük a szerszám előtolásának és az alkalmazott hűtő-kenő folyadék mennyiségének hatását:

- az előtoló erő és fúrási nyomaték szükségletre,
- a fúrószerszám kopására (sarok- és hátkopásra).

Ezek közül most csak az erő és a nyomaték számítására koncentrálnunk. A kísérletek során összehasonlító mérések végrehajtása történt különböző mennyiségű külső hűtő-kenő folyadék hozzávezetéssel végzett fúrási kísérletsorozatokon. Kísérleteink megtervezésénél felhasználtuk a Miskolci Egyetem Gépgyártástechnológia Tanszékének minimálkenéssel szerzett tapasztalatait.

A kísérleti eredmények kiértékelése a faktoriális kísérlettervezés alkalmazásával történt, amellyel összefüggéseket határoztunk a fúrás technológiai paraméterei és a mért fúrókopás értékek között.

2. KÍSÉRLETI KÖRÜLMÉNYEK

A fúrási kísérletekhez használt csigafúró: Ø 10,2 K20 Gühring WRDG DIN 6537 (monolit keményfém, TiAlN-el bevonatolt, belső hűtő-kenő csatornás).

A próbatest anyaga: szürkeöntvény, EN-GJL-200 (MSZ EN 1561), amelybe 30 mm hosszúságú furatokat készítettünk a sorozatkísérletek alkalmával.

A *minimálkenés megvalósítása külső hűtéssel*, a hűtő-kenő folyadéknak a fúró külső palástjára való hozzávezetésével történt, „NOGA MINI COOL” típusú porlasztó

berendezéssel (a térfogatáram $10 \text{ cm}^3/\text{h}$ és $250 \text{ cm}^3/\text{h}$ között fokozatmentesen állítható).

A forgácsolási kísérletekhez „OMV cut XU” típusú, klórmentes olajat használtunk.

A kísérletek végrehajtása MU-250 típusú marógépen az alábbi paraméterekkel történt:

Maróorsó fordulatszám: $n = 2250 \text{ f/perc}$

Előtolás: $f = 0,18 \text{ mm/ford}$

Forgácsolási sebesség: $v_c = 72,06 \text{ m/perc}$

HKF mennyiség: $Q = 10 \text{ és } 28 \text{ cm}^3/\text{h}$

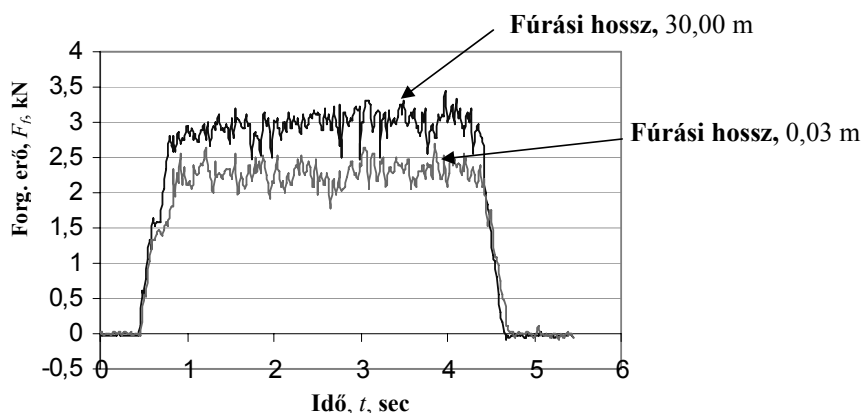
Előtolás sebessége: $v_f = 405 \text{ mm/perc}$

Gépi főidő: $t = 0,074 \text{ per}$

Az axiális fúróerő (F_f) és csavaró nyomaték (M_c) mérése KISTLER 9271 A típusú kétkomponensű kompakt dinamométerrel történt.

3. A MÉRÉSEK KIÉRTÉKELÉSE

A fúrási folyamatot gyakran ([1], [2]) az előtolás irányú forgácsoló erővel (F_f) és a fúrási nyomatékkal (M_c) jellemzik. Kísérleteinkben mi is ezen két értéket vizsgáltuk. Az 1. ábra az előtolás irányú forgácsolóerőkomponens idő szerinti változását szemlélteti. Jól látható, hogy az előtolás irányú forgácsoló erő F_f értéke a fúrási folyamán jelentősen oszcillál, s a fúrási hossz növekedésével az átlagértéke növekszik.

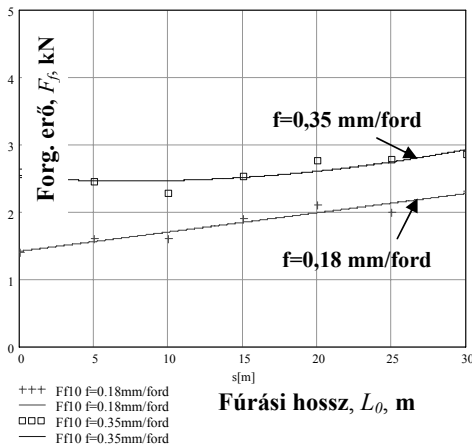


1. ábra Az előtolás irányú forgácsolóerő komponens (F_f) változása az idő függvényében fúráskor ($\dot{V}_{\text{olaj}} = 28 \text{ cm}^3/\text{h}$)

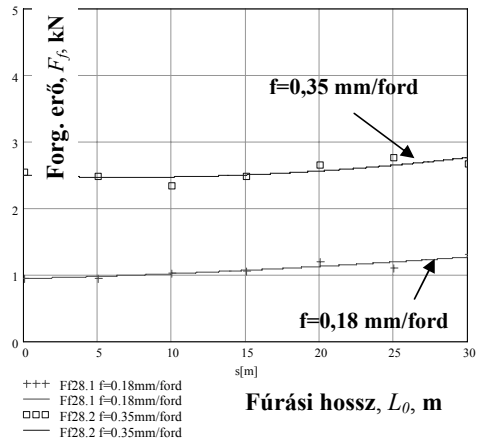
A Faktoriális kísérlettervezéshez felhasznált paraméterek minimális és maximális értékeit az 1. Táblázat tartalmazza. Az 1. Táblázat paraméterhatárai között végzett előtolás irányú forgácsolóerő mérések diagramjait a 2. és 3. ábrák szemléltetik. Mind az előtolás irányú forgácsolóerő komponens mért értékeiben, mind a fúrási nyomaték mért értékeiben kismértékű növekedés tapasztalható a fúrási hossz függvényében.

Ssz	Előtolás, f , mm/ford	Fúrási hossz, L_0 , m	Olaj térfogatárama, \dot{V}_{olaj} , cm^3/h	Forgácsoló sebesség, v_c , m/min
1	0,18	0,03	10,0	72,06
2	0,35	0,03	10,0	72,06
3	0,18	30,0	10,0	72,06
4	0,35	30,0	10,0	72,06
5	0,18	0,03	28,0	72,06
6	0,35	0,03	28,0	72,06
7	0,18	30,0	28,0	72,06
8	0,35	30,0	28,0	72,06

1. Táblázat Próbadarab kódok és technológiai parameter változatok

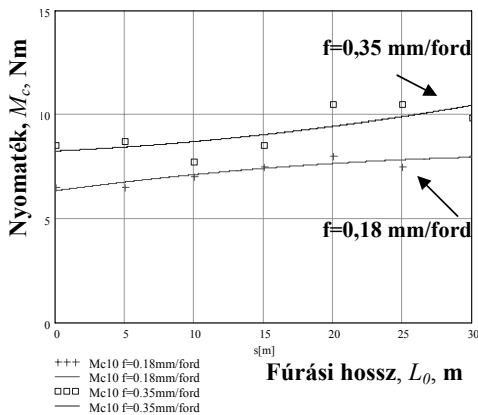


a)

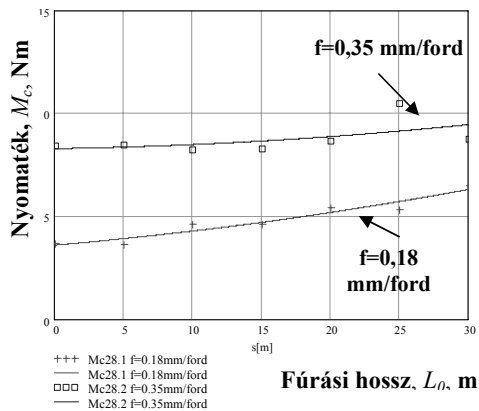


b)

2. ábra F_f - A forgácsolóerő mért értékei, a) $\dot{V}_{\text{olaj}} = 10 \text{ cm}^3/\text{h}$, b) $\dot{V}_{\text{olaj}} = 28 \text{ cm}^3/\text{h}$,



a)



b)

3. ábra M_c - A fúrési nyomaték mért értékei, a) $\dot{V}_{\text{olaj}} = 10 \text{ cm}^3/\text{h}$, b) $\dot{V}_{\text{olaj}} = 28 \text{ cm}^3/\text{h}$,

Az olaj térfogatáramának $\dot{V}_{oil} = 10 \text{ cm}^3 / \text{h}$ értékről $\dot{V}_{oil} = 28 \text{ cm}^3 / \text{h}$ való növelésével az előtolás irányú forgácsolóerő komponens F_f értéke 10-40%-kal csökken, míg fúrási nyomaték M_c értékének csökkenése 20-50%. Az értékek csökkenése nagyobb mértékű a fúrási hossz növekedése esetén. A kísérleteket a Faktoriális kísérlettervezés módszerével végeztük. Az (1) és (2) egyenletek az 1. Táblázatban megadott paramétertartományokban érvényesek.

$$F_f = k_0^{F_f} + k_1^{F_f} f + k_2^{F_f} L_0 + k_3^{F_f} \dot{V}_{oil} + k_{12}^{F_f} f \cdot L_0 + k_{13}^{F_f} f \cdot \dot{V}_{oil} + k_{23}^{F_f} L_0 \cdot \dot{V}_{oil} + k_{123}^{F_f} f \cdot L_0 \cdot \dot{V}_{oil} \quad (1)$$

ahol:

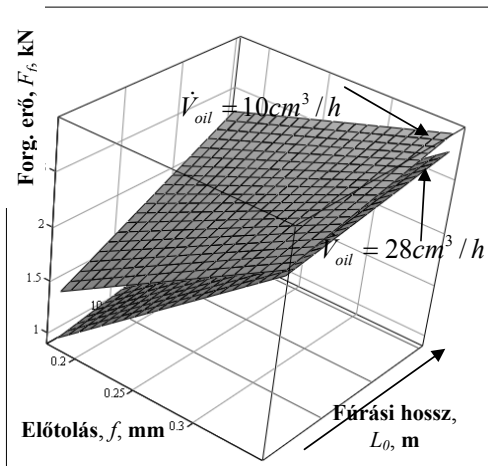
$$\begin{array}{llll} k_0^{F_f} = 0.66558 & k_1^{F_f} = 5.462 & k_2^{F_f} = 0.069 & k_3^{F_f} = -0.048 \\ k_{12}^{F_f} = -0.157 & k_{13}^{F_f} = 0.131 & k_{23}^{F_f} = -1.921 \cdot 10^{-3} & k_{123}^{F_f} = 4.907 \cdot 10^{-3} \end{array}$$

$$M_c = k_0^{M_c} + k_1^{M_c} f + k_2^{M_c} L_0 + k_3^{M_c} \dot{V}_{oil} + k_{12}^{M_c} f \cdot L_0 + k_{13}^{M_c} f \cdot \dot{V}_{oil} + k_{23}^{M_c} L_0 \cdot \dot{V}_{oil} + k_{123}^{M_c} f \cdot L_0 \cdot \dot{V}_{oil} \quad (2)$$

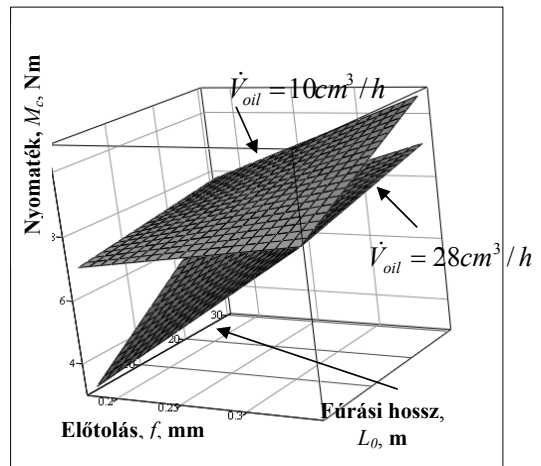
ahol:

$$\begin{array}{llll} k_0^{M_c} = 10.2928 & k_1^{M_c} = -6.561 & k_2^{M_c} = -0.173 & k_3^{M_c} = -0.435 \\ k_{12}^{M_c} = 0.822 & k_{13}^{M_c} = 1.243 & k_{23}^{M_c} = 0.014 & k_{123}^{M_c} = -0.047 \end{array}$$

A parameter értékek (1) és (2) egyenletekbe való behelyettesítése után az előtolás irányú forgácsolóerő és a fúrási nyomaték szemléltethető. A 4a ábra az előtolás irányú fűróerőhöz, míg a 4b a fúrási nyomatékhoz tartozik.



a)



b)

4. ábra Az előtolás irányú forgácsolóerő a) és a fúrási nyomaték b) mért értékeinek szemléltetése

A 4. ábrából nyilvánvalóvá válik, hogy a nagyobb térfogatáramú minimal kenés esetén ($\dot{V}_{oil} = 28 \text{ cm}^3 / \text{h}$) mind az előtolás irányú fűróerő, mind a fűrási nyomaték kisebb értéket vett fel. Az előtolás és a fűrási hossz értékének növekedésével a vizsgált paraméterek növekedtek.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozatban minimálkenéses külső hűtés-kenéssel ellátott öntvény furatmegmunkálásáról számoltunk be, legfontosabb következtetéseink az alábbiak:

- A hűtő- kenőanyag mennyiségének jelentős csökkentése mellett, külső minimálkenéssel sikerült megfelelő forgácsolási feltételeket biztosítani szürkeöntvény furatmegmunkálásánál.
- A külső hűtésnél az előtolás és az alkalmazott hűtő-kenő folyadék térfogatáramának értéke nagy hatással van az F_f előtolás irányú fűróerő komponens és az M_c fűrási nyomaték értékére., addig
- Külső hűtésnél a hűtő-kenő folyadék mennyiségének legalább $28 \text{ cm}^3/\text{h}$ értékre történő növelése szükséges a megfelelő hűtés- kenés biztosításához.

6. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] VARGA, G., DUDAS, I.: Modelling and Examinations of Environmentally Friendly Machining Processes, Proc. of the TMT 2005, Antalya, Turkey, 26-30 Sep., 2005. pp.: 121-124. ISBN: 9958-617-28-5
- [2] DUDÁS, I.: Gépgyártástechnológia III. Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 2003. p. 539.
- [3] DUDÁS, I., VARGA Gy., SZIGETI, F., PÉTER, L., SZÁZVAI, A.: Furatmegmunkálás minimálkenéssel, Műszaki Tudomány az Észak Alföldi Régióban c. konferencia (DAB) , Nyíregyháza, 2006. nov. 16. Műszaki Füzetek, 2.kötet, pp.: 77-92
http://store1.digitalcity.eu.com/store/clients/release/musz_fuz_02.pdf
- [4] KELLYA, J.F., COTTERELL. M.G.: Minimal lubrication machining of aluminium alloys. Journal of Materials Processing Technology 120 (2002) pp.: 327–334,
- [5] LAPORTE, S., K'NEVEZ J.-Y., CAHUC, O., DARNIS, Ph.: Phenomenological model for drilling operation, Int. J Adv Manuf Technol (2009) 40: pp.: 1–11.
- [6] MAKHECHA, A., THANGARAJ, A.R., SUTHERLAND, J.W.: Prediction of drilling thrust and torque using a mechanistic model calibrated through non-linear optimization, PED-Vol. 68-1, Manufacturing Science and Engineering, Vol. 1. ASME, 1994, pp.: 237-244.
- [7] PIRTINI, M., LAZOGLU, I.: Forces and hole quality in drilling, International Journal of Machine Tools & Manufacture 45 (2005) pp.: 1271–1281

THE EFFECTS OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON DRILLING PROCESS AT ENVIRONMENTALLY FRIENDLY MACHINING

The researchers of Department of Technical Preparatory and Production Engineering at College of Nyíregyháza, and the Department of Production Engineering at University of Miskolc has started a common research project for investigation the drilling experiments of a cast iron workpieces using minimal volume lubrication. At our experiments measurements were performed and compared using different amount of coolants and lubricants when outer coolants admission. In this paper the measured results were compared at the case made by different feeds (f), length of drilling (L_0) and volume of coolants and lubricants (\dot{V}_{oil}). At the end empirical formulas were shown created by Factorial Experiment Design method.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció alapjául szolgáló kutatás a Magyar-Lengyel Kétoldalú Tudományos és Technológiai (TÉT) Együttműködési Program (jele: PL-2/2008) keretében készült, és pénzügyileg az NKTH és a külföldi szerződéses partnere támogatta.

A SZÁMÍTÁSTECHNIKA ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI A MŰSZAKI ÁBRÁZOLÁS OKTATÁSÁBAN

HADHÁZY István - KÓSA Péter

Nyíregyházi Főiskola
Műszaki Alapozó és Gépgyártástechnológia Tanszék
Nyíregyháza Kótaji út 9-11.4400
hadhazyi@nyf.hu; kosap@nyf.hu

KIVONAT

Az informatika rohamos térhódítása elkerülhetetlenné tette a számítógép alkalmazását a műszaki ábrázolásban. Különösen lényeges ez a levelező- és a távoktatás esetében. Minden CAD-program az ábrázoló geometriában használt térelemeket alkalmazza. Egy-egy ilyen program hatékonyan segíthet a térlátás kifejlesztésében, az ábrázoló geometria megértésében. Segítséget nyújthat mindazoknak, akiknek fejletlen a térérzékük. A műszaki rajz a műszaki emberek kommunikációs nyelve. Amihez az elméleti háttérrel is tisztában kell lenni. Hiába tud valaki egy programot használni, ha nincs tisztában a műszaki ábrázolás alapjaival a programmal is hibásan fog dolgozni. Oktatócsomagokat kell ezért készítenünk. Tartalmazza a tantárgy felosztást, begyakoroltatást, számonkérést.

Kulcsszavak: CAD-programok, ábrázoló geometria, műszaki rajz, 3D modellek, drótvázmodellezés ,

1. ELŐSZÓ

Az informatika rohamos térhódítása elkerülhetetlenné tette a számítógép alkalmazását a műszaki felsőoktatásban, különösen egy olyan tantárgyban, ami mind képernyőn, mind nyomtatásban megjeleníthető a műszaki ábrázolásban.

A cél a hallgatókban olyan szemlélet kialakítása, hogy az egyén érezze képes bekapcsolódni az egész világra kiterjedő információs műszaki társadalomba.

A tanításban, mint oktatási segédeszköz a számítógép nagy szerepet játszik. Színesíti előadásunkat, megkönnyíti számonkérési munkánkat, és mint a tanuló tevékenységére azonnal reagáló eszköz lehetőséget teremt az egyéni ütemű tanulásra.

A téma jelentősége, célja, oktatási rendszerbe való integrálása. Különösen lényeges ez a levelező- és a távoktatás esetében, amikor a hallgató keveset találkozik a tanárral. Ebben az esetben a tananyagot és az évközi feladatokat gépre vesszük, ami az országban bárhol elérhető. Ugyanakkor konzultációs lehetőséget is lehet biztosítani a hallgatók számára.

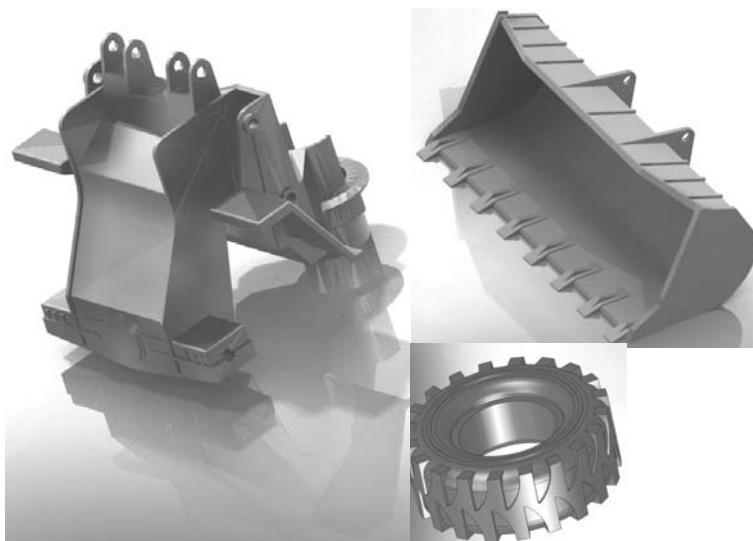
2. SZÁMÍTÁSTECHNIKA A MŰSZAKI ÁBRÁZOLÁSBAN

A műszaki ábrázolás területét mint eddig is, most a számítógép alkalmazása szempontjából is két részre bontható. Ezek az Ábrázoló Geometria és a műszaki rajz.

A számítógép alkalmazása az ábrázoló geometriai feladatok megoldására rengeteg előnnyel jár. De talán mind közül a legfontosabb a gyorsaság és egyszerűség. Hiszen néhány adat bevitele után a program kirajzolja az eredményt. Az adatokat bármikor megváltoztathatjuk, így pillanatok alatt átalakíthatjuk a rajzot miközben a legmegfelelőbb nézetet beállítjuk.

A számítógépek elterjedésével egyre nőtt az igény a műszaki rajzolás és tervezést

elősegítő programok iránt. Ezek a programok az ábrázoló geometria területét sem hagyták érintetlenül. Egy-egy ilyen program hatékonyan segíthet a térlátás kifejlesztésében, az ábrázoló geometria megértésében. Segítséget nyújthat mindazoknak, akiknek fejletlen a térérzékük. Az óra anyagát is kiegészítheti a számítógép alkalmazása, hiszen valósághű térbeli ábrák készíthetők vele, amelyek megkönnyítik a síkbeli ábrák értelmezését. Eddig a vetületekből transzformálások útján történt a testek axonometrikus modelljeinek megjelenítése mechanikusan a rajzlapon. Most ennek az ellenkezője történik. Előbb a térbeli modellt készíti el a hallgató, majd a virtuális rajzlapra létrehozza a vetületeit. Így kiváltottuk a kényelmetlen és helyszükséges rajztáblákat. A háromdimenziós modellezésre szánt programok, egyre jobban igyekeznek megközelíteni a hagyományos mérnöki gondolkodásmódot. Az újabb programtermékek már nemcsak egyszerű rajzeszközöket, hanem bonyolultabb komponenseket, objektumokat adnak a mérnök kezébe. Manapság már fotorealistikus¹ nézeteket készíthetünk (1. ábra) minden megrajzolt alkatrésztől vagy összeállítástól, metszeti ábrázolástól. Lassan a 3D-s modellezésnek egy új vívmánya a holografikus² modellezés is elérhetővé válik. Ennek előnye az oktatásban, hogy szinte bármilyen méretarányban modellezhető és vizsgálhatóvá válnak az adott ábrázolt alakzatok, összeállítási egységek.



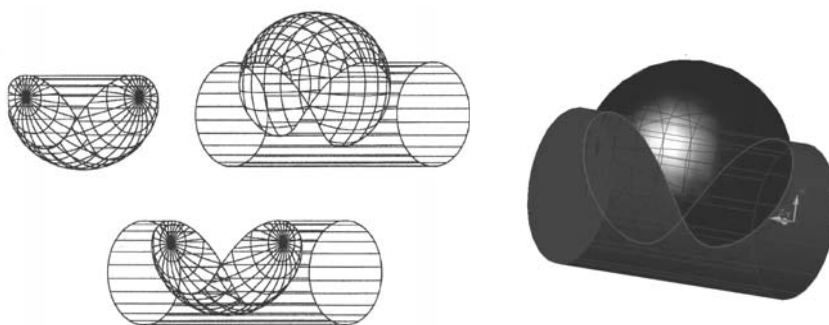
1. ábra A modellek fotorealistikus képei

A legegyszerűbb modellezési forma a drótváz-modellezés. A 3D-s³ objektum vázának leírása. Itt nincsenek felületek, csak vonalakkal, ívekkel, körökkel adható meg a test, és így felhasználható a modell vázaként. Az Ábrázoló geometria oktatására tipikusan az a tantárgy, amely magolva nem tanulható meg, hanem ceruza és papír használatát követeli meg. Legalább is ez időkig. Ugyanakkor a műszaki ábrázolás műszaki rajzával igencsak egymásra épülő tárgy, hiszen az egyenes ábrázolása igényli a pont ábrázolásának ismeretét, a felületé a vonal, a test a felületek ábrázolásának ismeretét. Tehát a tanár és a hallgató együttműködése lényeges. Minden

CAD-program⁴ az ábrázoló geometriában használt térelemek alkalmazták. Ezzel szemléletesen bemutatható a hallgatóknak a legegyszerűbb modelltől a legbonyolultabbig azok létrehozása. Ebből is látszik, hogy a műszaki ábrázolás két részét nehéz szétválasztani, mindig együtt alkalmazzuk. A képernyőt több nézetre osztott-nézetablakokra (vetületre) feloszthatjuk és a kiválasztott nézeten elvégezve a módosítást rögtön nyomon követhető a modell dinamikus és látványos átalakulása.

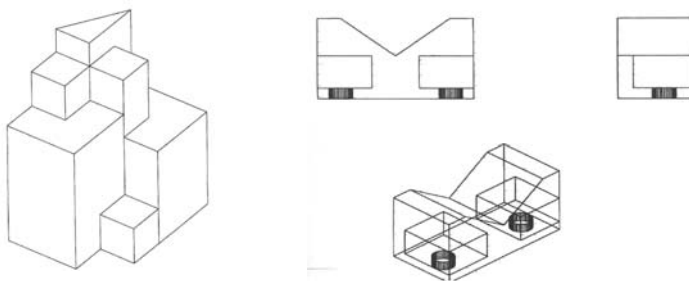
A 3D drótváz megjelenítés (2.ábra) különösen javítja a térlátást, ugyanis az adott két test áthatását a testek alkotóinak, és vagy élével jeleníti meg melyet papíron szerkesztve eléggé időigényes és nehezen követhető.

Mint mondani szoktuk az ábrázoló geometriát nem csak azért tanuljuk, hogy recésebb legyen az agyunk, hanem ez teremti meg az alapját a műszaki rajznak, mely a műszaki emberek kommunikációs nyelve. Amihez az elméleti háttérrel is tisztában kell lenni. Hiába tud valaki egy programot használni, ha nincs tisztában a műszaki ábrázolás alapjaival a programmal is hibásan fog dolgozni. Amihez elengedhetetlen a térlátás.



2. ábra forgástestek áthatása a drótváz (alkotók) és a felületmodell

A térbeli modellek (3.ábra) felülettel ellátott ábrázolása, azok alaksajátosságainak helyzeteinek felismerését jelentősen megkönnyíti, és egyértelművé teszi a feladatot végrehajtó hallgató számára.



3. ábra A térbeli modellek és drótváz nézeteik nézeteik

3. TAPASZTALATOK A MŰSZAKI ÁBRÁZOLÁS OKTATÁSÁBAN

Az elmúlt harminc évben a műszaki ábrázolás tantárgy heti óraszama egyharmadára csökkent az állandó tantervváltozások következtében. Ezért mind a mai napig a levelezős és távoktatásban új utakat kell keresni. Ez lett a számítógép alkalmazása teljes mellszélességgel, és a szemléltetés, szemléltetés, szemléltetés!!!

Többször tapasztaltam levelezős hallgatók konzultációja közben, hogy a szerkesztés közben a hallgatók időnként odébb állítottak a tábla elöl és lefényképezték a szerkesztés menetét.

A levelezős és távoktatásos hallgatók hatékony oktatásához már 25-30 évvel ezelőtt az oktatócsomagot készítését javasolták. Ez azt jelentette, hogy el kellett készíteni az oktatási segédanyagok papíron. Nos ezt próbáljuk már jó ideje kiváltani a számítógéppel. Oktatócsomagot készítünk a gépre. Az oktatócsomag hármas tagoltságú.

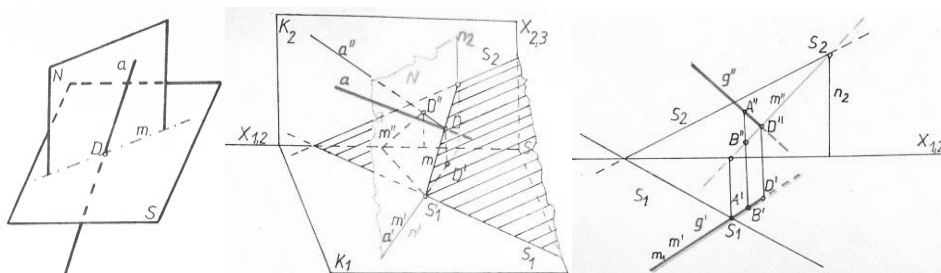
3.1. Tantárgy feldolgozás

Lényegehogy az egyes ábrázoló geometriai szerkesztéseket rögzítjük, és a Tanszék honlapjára feltéve elérhetővé tegyük a hallgatók részére. Így ők bármikor végigkövethetik azokat. Arról már nem is beszélve, hogy web-kamera alkalmazásával magas szintű, fix időpontú konzultációs lehetőséget tudunk biztosítani. Bár ez még hazánkban nem terjedt el, hanem leragadtunk a statikus oktatóanyagoknál. Kezd elterjedni az a szemlélet, hogy nemcsak ábrákon és leírásokon, hanem animációkon⁵ keresztül szemléletesen mutassuk be a feladatok szerkesztésének menetét.

3.2. Begyakoroltatás

A szerkesztések készség szintjére emelése leggyakrabban alkalmazástechnikai feladatokon keresztül történik. Lényege, hogy minden hallgató kódja alapján egyedi feladatot kap.

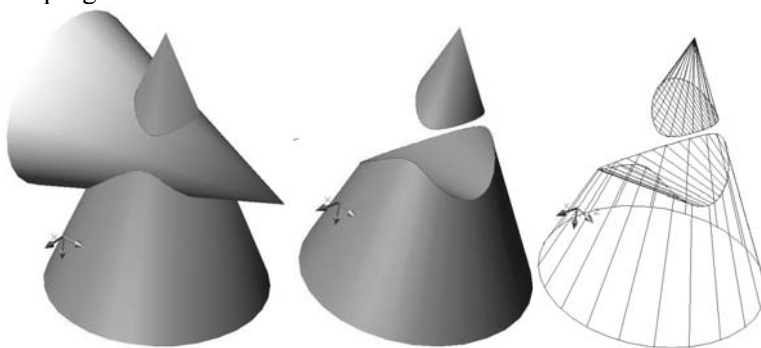
Pl.: A hallgató feladata sík és egyenes dőléspontjának és láthatóságának szerkesztése (4.ábra). Ehhez a sík nyomvonalait és az egyenes helyzetét a koordináták megadásával mindenkinek más helyzetben adhatjuk meg. Gyakoró feladatok esetén a megoldást is kikeresheti a hallgató míg évközi feladatnak a megoldás csak a szaktanár számára elérhető.



4.ábra Sík és egyenes dőléspontjának szerkesztése és síkok metszésvonala

3.3. Számonkérés

Lényegét tekintve az előzőek szerint történik. Pl.: két kúp áthatásakor a hallgató megkapja a kúpok helyzetének koordinátáit, valamint a kúp alapkörének átmérőjét és a kúpok magasságát. (5.ábra). De alkalmazhatunk feleletválasztós tesztlapot is a minta szerint. Természetesen a szerkesztést a hallgató maga végzi el valamennyi esetben és nem a számítógépes program. Magának a rajznak az elkészítésekor már használhat a hallgató rajzoló programot.



5. ábra Kúpok áthatása

4.ÖSSZEFOGLALÓ

A számítástechnikai grafikai alkalmazások a szemléletességet a térbeliséget és ennek összekapcsolását a térlátás fejlesztését tartja szem előtt.

Pl.: Ifjú informatikus zsenink Rátai Dániel Leonar3Do programjával kutatók kísérletet végeztek, hogy (egyes alakzatokra szól) egyetlen gyakoroltatás után a hallgatók térlátása hogy alakul. Bizonyíthatóan 65-70%-al javást lehetett elérni.

Figyelembe kell venni, hogy nem csak gépész előképzettséggel rendelkezők jelentkeznek gépészmérnököknek. Ezeknek meg kell tanítani a térlátást, és modern szemléltető eszközök alkalmazásával –ami elengedhetetlen- ez hamar megtanulható. De a műszaki ábrázolás alapjai így is csak sok-sok gyakorlás után sajátítható el.

POSSIBILITIES OF USE OF COMPUTER TECHNIQUE TO EDUCATE TECHNICAL REPRESENTATION

Rapid development of informatics made necessary the application of computers in technical drawing. Main purpose of graphical applications is visualization. Technical drawing is the communication tool of engineers. Theoretical background is unavoidably necessary for using this. CAD applications have numerous advantages as simplicity and effectiveness. Parts of design can be easily transformed and displayed in several screens in associative manner. CAD systems enables engineers to prepare and read drawings more quickly and clear-out.

Lábjegyzetek:

¹ fotorealistikus: virtuális modell képe a valóság szemlélésére; ² holografikus: 360 fokos szögben körbejárható vetített 3D-s kép; ³ 3D: térbeli; ⁴ CAD: számítógéppel támogatott tervezés; ⁵ animáció: ábrák, alakzatok mozgatása.

AZ ÉPÜLETSZERKEZET ERŐJÁTÉKA: A MODELLEZÉS KÉRDÉSEI

LÁMER Géza

DE, AMTC, Műszaki Kar, Építésmérnöki Tanszék. 1126. Budapest XII., Kiss J. altgy u. 46.
lamer@lamer-es-lamer-kft.hu

KIVONAT

Az előadásban az épületszerkezet erőjátékával, azon belül a modellezés kérdéseivel foglalkozunk. Megmutatjuk, hogy az épületszerkezetek erőjátékának a modellezése a következő lépésekből áll: az épülettel szemben támasztott követelmények megfogalmazása, a hatások modellezése, az épületszerkezet, mint terheket hordó szerkezet, a terheket hordó szerkezet geometria modellezése majd annak bővítése mechanikai modellé, a kapcsolatok modellezése, az épület statikai vázának összeállítása, annak vizsgálat, a támaszok modellezése, a peremérték-feladat kitűzése és megoldása, a kapott eredmények alapján az épületszerkezetek méreteinek a megválasztása.

Kulcsszavak: épületszerkezet, tartószerkezet, geometriai és mechanikai modellezés, erőjáték

1. FOGALMAK

Az épületszerkezetek közül a tartószerkezetek feladata az épület szilárd vázát biztosítani. A szilárd váz fogalma alatt több, egymással szorosan összefüggő fogalmat értünk. Ezek a következők.

Szilárdság: a szerkezetben ébredő belső erők, pontosabban feszültségek, a biztonság figyelembevételével se érik el az anyagra jellemző határfeszültséget. (Ez utóbbi többnyire a szakító szilárdsággal lesz egyenértékű.)

Folytonosság: az anyagban ne jöjjön létre szakadás, törés de még csak repedések se ébredjenek benne. (Ez alól van kivétel a vasbeton, ahol a betonban kialakulhatnak korlátozott tágasságú repedések.)

Az alak korlátozott megváltozása: a tartószerkezet lehajlása, általában a szerkezet pontjainak merevtestszerű eltolódása, és a (vég)keresztmetszetek elfordulása, általában a szerkezet pontjai környezetének merevtestszerű elfordulása, előírt értéknél legyen kisebb. (Ez alól van kivétel: a rúdlánc, a kötél- és ponyvaszerkezet). Megjegyezzük hogy az alakváltozás – az alak lokális megváltozása – korlátozott: az mindig kicsiny. A nagy alakváltozás – pl. a képlékeny folyás, a viszkózus folyás, a gumi rugalmas alakváltozása – épületekre nem jellemző.)

Helyzeti stabilitás: az épület egésze ne csússzon el, ne boruljon fel, és ne ússzon fel.

Szerkezeti stabilitás: sem a tartószerkezet része, sem egésze a terhek hatására ne veszítse el az alakját, azaz ne lépjen föl szerkezeti stabilitásvesztés; illetve ha föl is lép a szerkezeti stabilitásvesztés, utána az alak megváltozása továbbra is korlátozott maradjon.

A követelmények kielégítése akkor van lehetőség, ha ismerjük a szerkezet erőjátékát.

Erőjáték: a tartószerkezeten belül a belső erők nagyságának a meghatározása. Általánosságban az erőjátékba hallgatólagosan belefoglaljuk a szerkezet

mozgásainak a vizsgálatát, illetve a mozgások meghatározását is, hiszen a statikailag határozatlan szerkezet belső erőit a szerkezet alakja megváltozásának a figyelembevétele nélkül meg sem tudnánk határozni.

Az erőjáték meghatározáshoz modellezzük a szerkezetet. Megjegyezzük, hogy már maga az erő is modell: két szilárd test egymásra hatásának a modellje.

A továbbiakban a modellezésre fordítjuk a figyelmünket.

2. A MODELLEZÉS LÉPÉSEI

Az épületszerkezetek erőjátékának a meghatározáshoz modelleznünk kell az épületet érő hatásokat, magát az épületszerkezeteket, végül az épületszerkezet és a Föld, vagy másképpen a talaj kapcsolatát. A modell alapvetően mechanikai, azaz deformálható, szilárd testről, vagy testekről, még pontosabban testek rendszeréről, erőkről és eltolódásokról beszélünk.

A modellezés alapgondolata, hogy az épületszerkezetet, mint terheket hordó szerkezetet tekintjük, a szerkezetet érő hatásokat pedig erőknek, vagy elmozdulásoknak, végül az épület csatlakozását a talajhoz támaszoknak tekintjük. Ezt másképpen úgy fogalmazhatjuk meg, hogy az épület helyett annak tartószerkezeti, vagy statikai vázát tekintjük, azt a külső hatások helyett dinamikai és kinematikai terhek érik, és nem a talajon áll, hanem támaszok rögzítik. A szerkezetben a dinamikai és a kinematikai terhek hatása alatt belső erők ébrednek benne, és az egyes pontjai eltolódásokat szenvednek el, esetleg a szerkezet a terhek hatására elveszíti helyzeti, vagy a szerkezeti stabilitását.

A modellezés alapgondolatát részletesebben úgy fogalmazhatjuk meg, hogy az épületszerkezetek – alapok, falak, pillérek, födémek, lépcsők és tetők – helyett sematizált testeket – gerendák, lemezek, tárcsák, rudak, héjak – tekintünk, azokban a terhek hatására belső erők, feszültségek ébrednek. Ezeknek a tartószerkezeti elemeknek a mechanikai állapotát a rájuk jellemző geometriai és anyagi tulajdonság alapján matematikai modellekké alakítjuk át: a szerkezetre ható erők hatására a testben ébredő belső erők, feszültségek meghatározásához egyszerűbb esetekben (statikailag határozott tartók) algebrai, összetettebb esetekben (statikailag határozatlan tartók, lemezek és héjak) differenciálegyenleteket állítunk föl. A kitűzött matematikai feladat megoldása egyenértékű az erőjáték meghatározásával, bár a modellezés ezzel a lépéssel nem ért véget. A gyakorlat szerint ekkor lehet megvizsgálni, hogy a szerkezetre vonatkozó szilárdsági követelmények teljesülnek-e vagy sem. De ez a szerkezettervezés gyakorlata. A modellezés utolsó lépése annak a ellenőrzése, hogy az erőjáték meghatározása során számított érték megegyeznek-e a valósággal. Ez az ellenőrzés az épületek esetében többnyire elméleti lehetőség, napjainkban a hidak azok a létesítmények, ahol a próbaterhelés esetén összevetik a szerkezet alakjának mért és számított megváltozását. Ez a modellezésnek ez a lépése, amely a modell alkalmazhatóságát igazol(hat)ja: összhang esetén jó a modellezés, eltérés esetén szükség lehet a modell módosítására.

A továbbiakban a figyelmünket a modellezés egyes lépéseire irányítjuk.

3. A HATÁSOK MODELLEZÉSE

A hatásokat kinematikai és/vagy dinamikai terhekként modellezzük. Ennek megfelelően a szerkezet önsúlyát, a szerkezeten nyugvó vagy mozgó testek súlyát koncentrált vagy vonal, illetve felület mentén megoszló erőként, a szél nyomását illetve szívását, a talaj, vagy a talajvíz nyomását felületen megoszló erőként vesszük figyelembe. A talaj elmozdulását, az építési pontatlanságot, a napsugárzás, vagy a meleg levegő hőmérsékleti hatását kinematikai terhelésként, azaz előírt elmozdulásként vagy alakváltozásként vesszük figyelembe.

4. A MODELL KIALAKÍTÁSA

A modell kialakítása „lokálisan”. Ez több lépésből áll. α.) Az egyes épületszerkezeteket geometriai modellekkel helyettesítjük. Ide tartoznak a pontszerű, a vonalszerű, a felületszerű és nagyritkán a térszerű modellek. A pontszerű modell mindhárom kiterjedése közel azonos, és elenyésző a szerkezet egészéhez képest; pl. egy pillér fejezete, vagy egy tömbalap. A vonalszerű modell egy irányban jelentősen nagyobb méretű, mint a másik két irányban, pl. gerendák, oszlopok, boltövek, kiváltók, láncok és kötelek. A felületszerű modell két irányban jelentősen nagyobb méretű, mint a fennmaradó egy irányban; pl. a fal és a sík födém, mint tárcsa vagy lemez, héjak, ponyvák. Végül a térszerű modell, amely mindhárom méretében közel azonos, és összemérhető a szerkezet egészével, pl. egy torony alatti „pontalap”. β.) A geometriai modelleket mechanikai modellekké bővítjük, azaz dinamikai és kinematikai szabadságfokokkal látjuk el. A két, vékonyssággal jellemezhető, azaz a vonalszerű és a felületszerű geometriai formák esetében dinamikai szabadságfokokként erők, illetve megoszló erők, valamint nyomatékok, és megoszló nyomatékok jöhetnek szóba. A vékonyfalú rúd esetén egy további dinamikai szabadságfok, a bimoment értelmezhető. Ezzel összhangban a kinematikai szabadságfok az eltolódás és az elfordulás, a vékonyfalú rúdnál a deplanálódás. A geometriai testekben ébredő igénybevételek, belső erők alapján különböztetjük meg egymástól a különböző mechanikai modelleket, a teljesség igénye nélkül: kötelek, húzott-nyomott rudak, oszlopok, hajlított gerendák, csavart rudak, vékonyfalú rudak, saját síkjukban terhelt tárcsák, síkjukra merőlegesen terhelt, hajlított lemezek, membránhéjak, ponyvák, hajlított héjak. A pontszerű elemek esetén erők és nyomatékok léphetnek föl, ezzel együtt merevtestszerű eltolódás és elfordulás jellemzi. Általában sem alakváltozás, sem a belső erők megoszlását nem határozzuk meg. A térszerű elemek esetén felületi megoszló erőkként modellezzük a hatásokat, és mind az alakváltozások, mind az eltolódások, mind a belső erők mezőinek eloszlását meghatározunk. γ.) Az egyes épületszerkezetek kapcsolatainak a kinematikai és dinamikai modellezése. Ez az épületszerkezetek esetében alkalmazott mechanikai modell kinematikai és dinamikai szabadságfoka eleve korlátozza; azon belül a teljes mértékű kapcsolat – befogás –, részleges kapcsolat – többnyire nem nyomatékbíró kapcsolat –, és az elemek függetlenek – szabad vég, vagy perem – alkotja a kapcsolatok modelljeit. Amennyiben a szerkezet és a talaj kapcsolatáról van szó, akkor alátámasztásról,

megfogásról, szabad végről, vagy peremről beszélünk. δ .) Az anyagot, mint fizikai testet, anyagi jellemzőkkel látjuk el: rugalmas, képlékeny, viszkózus, rideg.

A modell kialakítása „globálisan”. Az egyes elemi épületszerkezetekből – alapok falak, födémek, tető – az épület egészének modelljét alkotjuk meg. Ez lesz a tartószerkezeti modell, vagy tartószerkezeti váz. Hívják statikai váznak is. Pl. rudakból tartórács, rácsos tartó, síkbeli és térbeli keret, készülhet falakból és födémekből lemezműves épület, vagy kötelekből (és árbocokból vagy merevítő peremgerendákból, keretekből) kötélháló, kötélrendszer pontnyavaszerkezet. A teljes épület szerkezetének a modelljét – mivel különálló elemekből állítottuk össze – meg kell vizsgálni a kinematikai (és a dinamikai) határozatlanság okán. Ugyanis, amikor egy-egy elemet modellezünk, akkor ránézésre kinematikailag határozott szerkezetet – pl. kéttámaszú tartó – veszünk fel, míg összetett szerkezet esetén – pl. rácsos tartó – ez nem egyértelmű. A véges és a pillanatnyi eltolódás- és elfordulás-központokat, ha vannak a szerkezetben, ki kell iktatni. Egy szerkezetről – épület esetében – elvárjuk, hogy kinematikailag határozott legyen, statikailag lehet határozott és határozatlan is. A kinematikailag határozatlan szerkezetek – rúdláncok, kötelek és kötélhálók, pontnyavák – térlefedések esetén jöhetnek szóba; ez esetben a kinematikai határozatlanság külön vizsgálendő.

5. A TÁMASZOK MODELLEZÉSE

A mechanikai modellezés szempontjából nem támaszokat, hanem peremen előírt peremfeltételeket kell meghatározni. A perem lehet szabadon elmozduló, azaz szabad perem, lehet megtámasztott vagy befogott. Ez utóbbi kettő tartozik a szorosan véve a megtámasztásokhoz. A szerkezet mechanikai modelljével összhangban a szabad peremen erő, megoszló erő – pl. rúd, membránhéj –, vagy nyomaték – pl. rúd, hajlított héj –, esetleg bimoment – vékonyfalú rúd – írható elő. A megtámasztása az eltolódást gátolja, tehát annak értéke írható elő. A befogás egyszerre gátolja az eltolódást és az elfordulást is, így mindkettő előírható. Végül a vékonyfalú rúdnál a befogás gátolhatja a keresztmetszet deplanálódását is.

6. A MODELL VIZSGÁLATA

Lokális vizsgálat. Ide tartozik az egyes „elemi” tartószerkezetek – kötelek, húzott-nyomott rudak, oszlopok, hajlított gerendák, csavart rudak, saját síkjukban terhelt tárcsák, síkjukra merőlegesen terhelt hajlított lemezek, membránhéjak, pontnyavák, hajlított héjak – erőjátéka. Ennek részeként határozzuk meg az erőjáték alapfogalmait majd felírjuk, végül megoldjuk az egyensúlyi egyenleteket. Általában a különböző egyedi tartószerkezetekre nézve külön-külön írjuk fel az egyensúlyi egyenleteket. Például a kéttámaszú, a háromtámaszú vagy a többtámaszú tartók, a Gerber-csuklós tartók, a Viereendel-tartók, egy-, két-, vagy háromcsuklós, illetve csukló nélküli ívek, keretek, rácsos tartók, és tartórácsok a rúdszerkezetek körében. A felületszerkezetek körében a különböző megtámasztású lemezek, tárcsák, a különböző középfelületű és megtámasztású héjak, és lemezművek jöhetnek számításba. A vizsgálat elsősorban az egyensúlyra, a kinematikára (mozgás és

alakváltozás) vonatkozik. A vizsgálat másodsorban a helyzeti, szerkezeti és dinamikai stabilitásvesztést öleli föl. A kinematikailag határozatlan szerkezet esetében – rúdlánc, rúdháló, kötél, kötélháló, ponyva – a terhelés alatt beálló egyensúlyi alak meghatározását is magába foglalja a számítás.

Formálisan az egyes elemek erőjátékából összeállítható ez épület egészének az erőjátéka. Ez a megközelítés nem veszi figyelembe azt a tényt hogy a részek összege nem azonos az egészszel. Azaz az egész többnyire másképpen viselkedik, mint a részek külön-külön. Előfordulhat, hogy az együttdolgozó szerkezetek összessége kedvezőbb erőjátékot hoz létre, de fordítva, előfordulhat, hogy kedvezőtlenebbet.

Globálisan vizsgálat. Ez alatt azt értjük, hogy az épület összes, külön-külön modellezett részét egy nagy modellben egyesítve, egyidejűleg vizsgáljuk a szerkezet egészét. Ez adja az épület globális erőjátékát. A vizsgálat itt is elsősorban az egyensúlyra, a kinematikára (mozgás és alakváltozás) továbbá, a helyzeti, szerkezeti és dinamikai stabilitásvesztésre irányul.

A modell és valóság kapcsolata. A modellezés alkalmas a szerkezet egyes pontjai eltolódásainak és az egyes keresztmetszetei elfordulásainak előrejelzésére, illetve az alakváltozás elméleti leírásán és az anyagi tulajdonságok modellezésén keresztül a szerkezetben ébredő belső erők előrejelzésére. Ezért összehasonlító (ellenőrző) kísérletek alapján az elmélet és a valós fizikai viselkedés összevethető: az az a pont, ahol a szerkezetnek a modell általi leírása és szerkezet valódi viselkedése összevethető, azaz a modell tesztelhető.

7. A TARTÓSZERKEZET MEGVÁLASZTÁSA

A tartószerkezet megválasztása az épület tartószerkezetével szemben támasztott követelmények kielégítése alapján történik. A követelményeket a szilárdság, a folytonosság, az alak korlátozott megváltozása, a helyzeti és szerkezeti stabilitás fogalomkörben fogalmazzuk meg. A követelmények kielégítésének egyik feltétele az erőjáték ismerete, a másik az anyag viselkedésének, ezen belül a tönkremenetelének az ismerete. E kettő alapján lehet az adott tartószerkezet kialakításának, méreteinek és anyagának a függvényében modellezni az épület károsodási folyamatát, illetve tönkremenetelét. Ez teszi lehetővé az épület tartószerkezeti méreteinek a megválasztását, és/vagy méretezését, sőt, szerencsés esetben a felhasznált anyag, és/vagy a bekerülési költség optimalizálását. Végezetül megemlítjük, hogy egyes épületek esetében az épület dinamikai vizsgálatát is el kell végezni.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Az előadásban áttekintettük az épületszerkezet erőjátékának, azon belül a modellezés kérdéseit. Megmutattuk, hogy az épületszerkezetek erőjátékának a modellezése a következő lépésekből áll: az épülettel szemben támasztott követelmények megfogalmazása, a hatások modellezése, az épületszerkezet, mint terheket hordó szerkezet, a terheket hordó szerkezet geometria modellezése majd

annak bővítése mechanikai modellé, a kapcsolatok modellezése, az épület statikai vázának összeállítása, annak vizsgálat, a támaszok modellezése, a peremérték-feladat kitűzése és megoldása, a kapott eredmények alapján az épületszerkezetek méreteinek a megválasztása. Rámutattunk arra is, hogy modellezés lehetővé teszi a modell ellenőrzését a számított és az épület tényleges viselkedés mért eredményeinek összevetésével, és arra is, hogy a méretek megválasztása során az anyagfelhasználás és/vagy a bekerülési költségre nézve optimalizálható a kitűzött feladat.

IRODALMI HIVATKOZÁS

- [1] Gábor László, Dr.: Épületszerkezettan. I-IV. kötet. Tankönyvkiadó, Budapest, 1969-79.
- [2] Korányi Imre, dr.: Tartók sztatikája. I-II. kötet. 3. kiadás. Tankönyvkiadó, Budapest, 1962.
- [3] Lámer Géza dr.: Két- és egyváltozós feladatok levezetése a háromváltozós feladatból. Sajátosságai a kontinuummechanikában = Építés-, Építészettudomány **XXIII** (1-2), 1992-93. pp. 61- 92
- [4] Szabó János, dr. – Kollár Lajos, dr.: Függőtetők számítása. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974.
- [5] Szabó János, dr. – Roller Béla, dr.: Rúdszerkezetek elmélete és számítása. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1971.

FORCE DISTRIBUTION IN THE CONSTRUCTION OF BUILDINGS: THE QUESTION OF MODELLING

In the lecture the force distribution in the construction of buildings, inside this the question of modelling was view. It was shown the steps of the modelling of the force distribution in the construction of buildings: formulation requirements of the construction of buildings, modelling of the influences, the construction of buildings as a load-bearing construction, geometrical modelling of the construction then enlarging the later to the mechanical modelling, modelling the connections, assembling static frame of the building, test of that, modelling of the supports, set the boundary value problems, and solving them, choosing the dimension of the building construction on the base of solution of the boundary value problem. It was shown also, the modelling gives possibility to control the model via comparing the calculated and measured results of the behaviour of the building construction, and during the choosing the dimension the using up the materials and/or the cost of production can optimize the set problem too.

KÖRNYEZETI ZAJ ÉS HATÁRÉRTÉKEK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSEK

BERA József

Közép-Duna-völgyi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség
1072 Budapest, Nagydíófa utca 10-12., berajo05@t-online.hu

KIVONAT

A környezetvédelem, ezen belül a környezeti zaj elleni védelem szabályozása az emberi tevékenységek számára korlátozást jelent. A szabályozás a védelmet igénylő területek, épületek, emberek és természeti értékek számára fontos tényező, a mindennapokban az életminőséget határozza meg. Azoknak, akikre a korlátozás irányul a legtöbb esetben szükségtelen rosszat vagy a tevékenységek akadályozását jelenti. Ezért a zajvédelem számára alapvető a műszaki vagy intézkedési jellegű eszközök megválasztása, amit elsősorban a követelmények és a terhelési határértékek alapján határozzunk meg. A korlátozás mértéke és az alkalmazott követelményérték kiemelt szerepet kap a következményeket nézve, a lehetséges műszaki megoldások sok esetben költségesek. Ezért a határérték-rendszer, mind a zaj elleni védelem meghatározó eleme nem kerülheti el a szükségszerű felülvizsgálatot, és korunk elvárásai függvényében azokat a módosításokat, melyekre az eredményes zajvédelemhez van szükség a jövőben.

Kulcsszavak: zajvédelem, határérték, követelményérték, határérték-rendszer.

1. JELENLEGI SZABÁLYOZÁS, HATÁRÉRTÉKEK

A környezeti zajvédelem rendszerében az elsődleges követelményt a védendő területekre meghatározott határértékek jelentik, előírásukra jogszabályokban került sor. Az észlelt zaj egzakt leírásának hiányosságai és a műszaki akusztika hatásos beavatkozásra vonatkozó igénye olyan mérőszámok bevezetését indokolta, melyeket a fizikai adatokból egyszerű módon lehet meghatározni. Emellett érvényesült az a törekvés is, hogy a zajhatásokat egyetlen adattal lehessen jellemezni, ami lehetővé teszi a helyszíni méréssel kimutatott hangnyomásszint megengedett értékkel való összehasonlítását. Ezekkel az ún. *egyadatos mérőszámokkal* közvetlenül ítéltető meg az adott zajforrás működése és a környezetben okozott zajterhelés. Zajoknál méréstechnikai okokból az elterjedten alkalmazott mérőszám a hangnyomásszint vagy egyenértékű hangnyomásszint, de információt adhat a vizsgált hatásról a hangosság, a zajosság és a beszédérthetőség is.

A határértékek a hangnyomásszint mellett a terület jellemzőit is mutatják, mivel a jelenlegi követelményrendszer figyelembe veszi a használati funkciókat, a beépítés jellegét, illetve védendő terület adottságait. Mindebből a jelenlegi szabályozásban legnagyobb jelentőséggel egy-egy területen a beépítési módja és az ott kialakult területhasználat bír, a zajterhelési határértékek megállapítása ezek figyelembe vételével történt. Ezzel együtt a határértékek előírásánál szintén érvényesül az egyszerűsítés elve, és zajvédelmi kategóriákhoz rendeljük hozzá a határértéket, amit nappalra és éjszára, a legújabb szabályozás szerint esti időszakokra, vagy a stratégiai zajtérképek készítésénél egész napra (24 órára) vonatkoztatunk. A zajvédelmi kategória ugyanakkor több bizonytalanságot is eredményez a gyakorlatban, ami vagy a beépítettséggel összefüggésben, vagy a természetvédelmi-, erdő- és mezőgazdasági területek minősítése során jelentkezik a környezeti zaj értékelésénél.

1.1. Határértékek és zajterhelés összefüggései

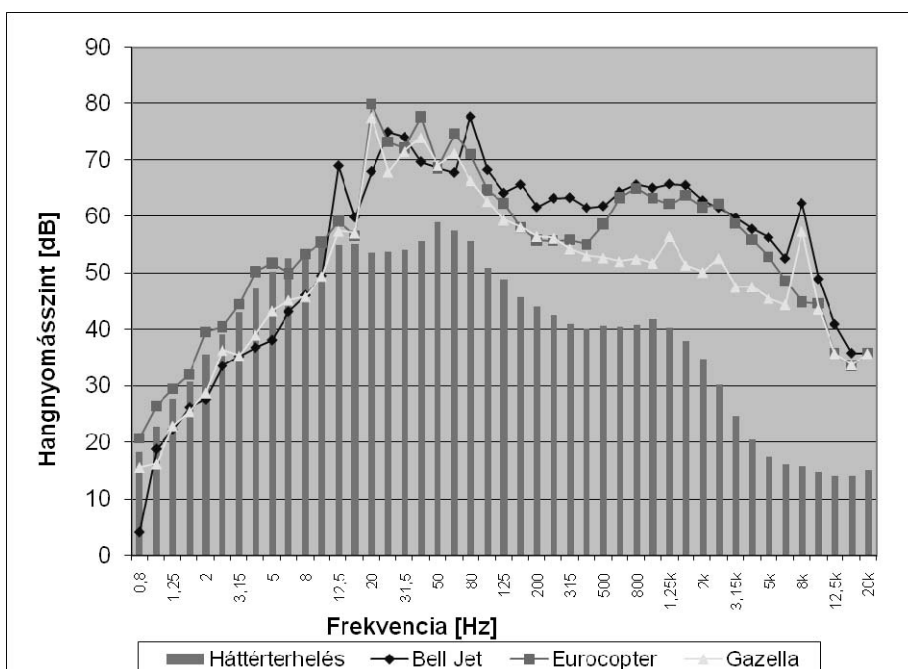
A legújabb szabályozás követi a korábban már alkalmazott módszert, a zajvédelmi kategóriákat a lakóterületi funkciók, illetve a különleges vagy a szokásostól eltérő területhasználat alapján határozza meg. A határérték ezután négy fő kategóriára épül a nappali és éjszaki időszakok között 10 dB-es különbséget, valamint az egyes kategóriák között 5 dB-es lépcsőket tartva. A zajvédelmi kategóriákra és üzemi létesítményektől származó zaj terhelési határértékeire vonatkozó előírást szemlélteti az 1. számú táblázat [1] alapján.

Sor-szám	Zajtól védendő terület	Határérték (L_{TH}) az L_{AM} megítélési szintre	
		Nappal (6-22 h)	Éjjel (22-6 h)
1.	Üdülőterület, egészségügyi területek	45 dB	35 dB
2.	Kisvárosias, kertvárosias, falusias lakóterület	50 dB	40 dB
3.	Nagyvárosias lakóterület, vegyes terület	55 dB	45 dB
4.	Gazdasági terület	60 dB	50 dB

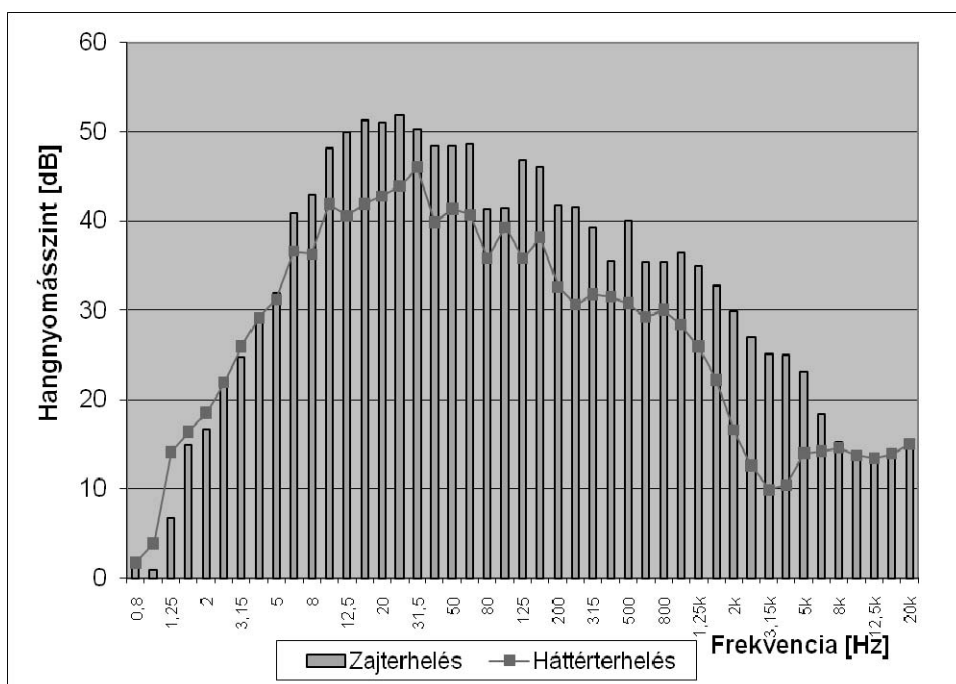
1. táblázat Üzemi zajterhelési határértékek

Látható, hogy a lakóterület és a gazdasági terület zajvédelmi kategóriák mellett az üdülőterületek és az egészségügyi területek kiemelt jelentőséggel bírnak, azonban a követelményrendszerből hiányzik a természetvédelmi terület kategória és az erre vonatkozó határérték. Emiatt ezeken a területeken az egyéb okokból is védettséggel bíró ingatlanok vagy természeti értékek zajvédelme szubjektív megítélés alá esik, nem állnak rendelkezésre a zajhatást eredményező tevékenységekkel és létesítményekkel összefüggésbe hozott objektív terhelési mérőszámok.

A követelményrendszer szakmai megfontolásokra támaszkodva, eltérő jellegű zajforrásokra különböző határértékeket [1] állapít meg, ami a zajforrásokat —üzemi- és közlekedési létesítmény, építési tevékenység— tekintve helyes eljárás. Azonban a határérték, mint *egyadatos mérőszám* és az okozott zajterhelés megállapítására vonatkozó hagyományos, pl. nappal 8 órás és 16 órás megítélési időre kidolgozott vizsgálati eljárás alkalmazásával a környezeti zajhelyzettel összefüggésbe hozott konfliktushelyzet a továbbiakban is fennmarad. Tapasztalatunk szerint sok esetben a határértékek teljesülése mellett is számolni kell lakossági panaszokkal a kiemelkedő vagy frekvencia-hangnyomásszintek miatt. A maximális zajsztintek jobb értékelése és az egy-egy területen kialakult háttérterhelés kezelésére vezették be a követelmények előírásához a háttérterhelés – határérték kapcsolatot. Ennek alátámasztására adnak megfelelő példát a különböző környezetben működő zajforrásoktól származó zajmérési eredményeink, amit helikopterzaj és elterjedten alkalmazott épületgépészeti berendezéstől származó zaj vizsgálata során kaptunk. A tényleges mérési eredményeket az 1. és 2. számú ábrák szemléltetik.



1. ábra Hélicopterzaj a háttérterhelés függvényében



2. ábra Gépezeti berendezés zajkibocsátása a háttérterhelés függvényében

2. HATÁRÉRTÉKEK ZAJJELLEMZŐK ALAPJÁN

A tevékenységektől, az építményektől vagy a közlekedéstől származó zajterhelést az egyenértékű A-hangnyomásszintekre (a későbbiekben: L_{Aeq}) alapozva állapítjuk meg, ami tulajdonképpen egy helyettesítő érték, a zaj erősségén kívül a terhelés hatásidejét veszi figyelembe. Átlagolt értéket ad, amit különböző zajforrások esetében eltérő hatásideőre vonatkoztatunk a 2. számú táblázatban szemléltetett módon.

Zajforrás	Megítélési idő	
	Nappal	Éjjel
Üzemi zajforrás	Legnagyobb zajterhelést adó folyamatos 8 óra	Legnagyobb zajterhelést adó folyamatos 0,5 óra
Építési zajforrás	Legnagyobb zajterhelést adó folyamatos 8 óra	Legnagyobb zajterhelést adó folyamatos 0,5 óra
Közlekedési zajforrás	16 óra	8 óra

2. táblázat Zajforrásokra vonatkozó megítélési idők

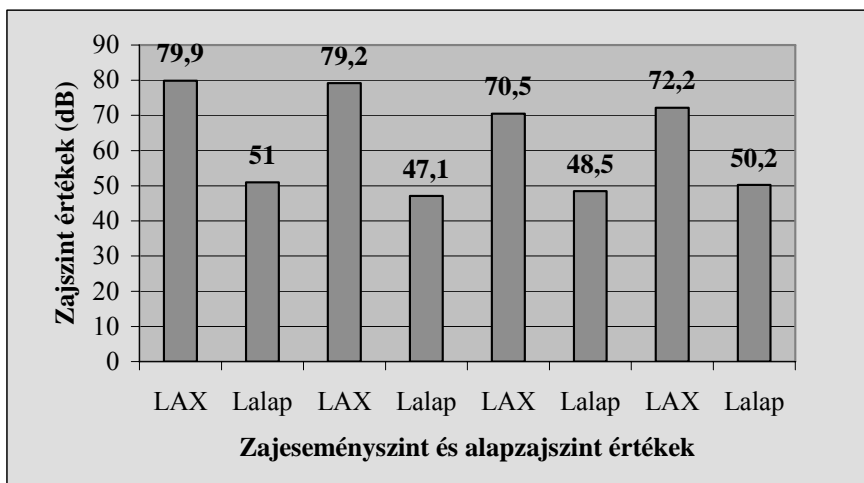
Az L_{Aeq} értékek alkalmazásával a teljes vizsgálati időre jellemző, az időben változó hangnyomásszintet helyettesítő adatot kapunk, ami a maximális és minimális zajszint értékeket, azok változását, a változás nagyságrendjét és időbeli lefolyását torzítja. Ebből adódóan a környezet zajhelyzetének minősítése is bizonytalanná válik.

A maximális hangnyomásszintek és a változás mértékének figyelmen kívül hagyása a szubjektív hatás szerepét erősíti. Az értékelést nehezíti, hogy a bevezetett szabályozás szerint ugyanazon határértékeket alkalmazzuk a kedvező zajhelyzetben lévő, ún. csendes környezetben, mint a zajos, városi területeken. Ezen a háttérterhelés és a hatásterület fogalmának bevezetése nem segít, mivel a legtöbb esetben érdemi zajcsökkentés nélkül az érintett terület nagyságát és jellegét veszi figyelembe. Azokon a területeken, ahol zajforrások hiányában nem mutatható ki háttérterhelés, az eredeti helyzet megváltozása, vagyis az okozott zajterhelés mértéke lesz a meghatározó. Emiatt vizsgálni kell az alaphelyzetre jellemző zajszintek függvényében a változás mértékét is, amire a 3. számú ábra mutat példát repülési zaj esetében.

A hangnyomásszint csak közelítőleg követi az élő szervezet ingerelemzését, ugyanis a térben működő hangforrás és a kialakuló hangtér összefüggéseire jellemző logaritmikus függvény és a hangérzékelés minimális kapcsolatban van. A *Stevens*-féle hatványfüggvény (1) is rámutat arra, hogy az érzékelésnél a fizikai inger és a küszöbinger mértéke meghatározó, a környezeti zajhelyzet értékelését az (1) összefüggés célszerű alkalmazása elősegítheti.

$$\psi = (\Phi - \Phi_0)^n, \quad (1)$$

ahol Ψ — érzékelés;
 Φ — fizikai inger;
 Φ_0 — küszöbinger;
 n — kísérleti úton meghatározott hatványkitevő.



3. ábra Jellemző zajszintek és a változás mértéke repülésnél

2.1. Határérték rendszer átalakításának lehetőségei

Az egy-egy területre jellemző zajhelyzetben bekövetkező változás mértéke a környezeti adottságok miatt más-más hatást okoz, amit a mért hangnyomásszintek mellett az egyéb jellemzők, a frekvencia, a legnagyobb zajszint, a környezeti alapzaj figyelembe vételével követhetünk. A szokásosan alkalmazott vizsgálati eljárás szerint korrekciós tényezők hozzáadásával épül be a megítélési zajszintekbe az egyéb tényezőkből eredő hatás, azonban ebben az esetben is a külön meghatározott határértékekkel vetjük össze a vizsgálati eredményt. Gyakran elkövetett hiba azonban, hogy a vizsgált létesítménytől származó zaj frekvencia-elemzésével együtt nem kerül sor a környezeti alapzaj vagy a háttérterhelés frekvencia-elemzésére és a két eredmény összevetésére, pedig a két eljárás eltérő eredményt ad. A közlekedési zajoknál szintén gyakorlat, hogy nem alkalmazzuk a frekvencia-hangnyomásszint elemzését.

Tapasztalatunk szerint a hosszabb időtartamú vizsgálati időknél —pl. közlekedési zajnál nappali 16 óra— gyakori a forgalom időszakos változása, csúcspontokban jelentősen növekszik, míg a köztes időkben elenyésző is lehet a jármű elhaladások száma. Ez a helyzet nehezen kezelhető az *egyadatos mérőszám* mintájára előírt határértékkel, mivel nem tükrözi az egyéb zajjellemzők változásából származó hatásokat, az időszakosan tapasztalt maximális zajszinteket, a változás mértékét.

Fentiekből következik, hogy a határérték rendszer célszerű átalakítása, és egyedi határértékek alkalmazása segítheti elő a környezeti zajterhelés és a zajhelyzet jobb megítélését és a minősítés eredményességét. A követelmények átalakítása a területi adottságok jellemzőinek figyelembe vételével a beépítettség, a háttérterhelés és az elvárható minimális növekmény előírására van szükség. A zajvédelmi kategóriák helyett az adott terület jellemzői alapján *védelességi fok* alkalmazása lenne célszerű, ami az időegységre vonatkoztatott hangnyomásszintek mellett egyéb zajjellemzőket is figyelembe vesz a követelmények megfogalmazása során. A használati funkció ezután a *védelességi fok skálához* már illeszthetővé válik.

Ebben az értelemben a jelenlegi határérték mérőszáma csak egy alapérték lenne, ami kiegészül oldalágon, ún. oldalvilla alkalmazásával meghatározott, a terület jellemzőire utaló —pl. háttérterhelés mértéke, kedvező vagy kedvezőtlen zajhelyzet minősítése—, és szükség esetén helyszíni mérések alapján felvett módosító tényezőkkel. Az eljárás a lakóterületek beépítettsége és elhelyezkedése szerinti egyedi korrekció alkalmazására is lehetőséget ad azzal együtt, hogy az indokolatlan korlátozás ellen is véd. Amennyiben szükséges, egy-egy területen a kedvező zajhelyzet megőrzése érdekében a zajterhelés-növekmény korlátozására is lehetőséget ad. Védeltségi fok bevezetése lehetőséget ad arra, hogy a jövőben elhagyjuk a határértékek teljesülése alóli felmentést azokon a területeken, ahol a zajforrás jellege vagy a környezeti adottságok a teljesítést időszakosan nem teszik lehetővé. Ilyen helyzet lehet az építőipari kivitelezés, repülőterek vagy vasútvonalak környezete. A védeltségi fok rendszerében beépítésre javasolt zajjellemzőket a 3. számú táblázatban foglaltuk össze.

Jellemző	Minősítése
Legnagyobb hangnyomásszint	magas
Legkisebb hangnyomásszint	alacsony
Frekvencia-hangnyomásszint	magas
Hangnyomásszint változás mértéke	magas
Háttérterhelés	közepes
Zajterhelés-növekmény	magas
Hangnyomásszint időbeli lefolyása	magas

3. táblázat További zajjellemzők és minősítésük

IRODALMI HIVATKOZÁS

- [1] 27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendelet a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról.

CONNECTIONS BETWEEN THE ENVIRONMENTAL NOISE AND LIMITS

Environmental protection, especially the regulation of protection against environmental noise means a restriction on human activities. The regulation is a crucial factor for areas requiring protection, buildings, people and natural values and it also determines the standard of living in everyday life. In most cases restriction means unnecessary wrongs or prevention of activities for those who are aimed at. Selecting the means of technology or measures is essential for noise protection, which is mainly determined on the basis of requirements and load limits. The degree of restriction and the applied requirement value play significant roles regarding the consequences, and the possible technological solutions are costly in most cases. Therefore, the limit methods, as the determining factor of environmental noise protection, can not avoid the necessary revision and modification according to the demands of our age that are necessary for the effective noise protection in the future.

AZ EMBERI TÉRD HÁROM-HENGERES KINEMATIKAI MODELLJE

BÍRÓ István

Szolnoki Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Fakultás Alapozó és Műszaki Tanszék,
5400 Mezőtúr, Petőfi tér 1., biro@mfk.hu

KIVONAT

Az emberi térd mozgásviszonyait évtizedek óta számos biomechanikai kutatócsoport vizsgálja. Műszaki szempontból nézve rendkívül összetett, és sajátos jellemzőkkel bíró problémáról van szó. Ennek oka részben a szerkezet bonyolultsága, részben a szerkezeti elemek (csontok, porc és más lágy szövetek) jellegzetes reológiai tulajdonságai. Szerző, a SZIE GEK Biomechanikai Kutatócsoportjának tagjaként, az első ütemben a combcsont (fémur) érintkező felületeihez (condylusaihoz) és a lábszárcsont (tibia) platójához anatómiai jellemzők alapján koordináta-rendszereket rögzített, majd ezt követően a koordináta-rendszerek tengelyeihez három-hengeres mechanizmust illesztett.

A három-hengeres modell a Denavit-Hartenberg paraméterek felhasználásával lehetővé teszi a térd behajlítása során, a térden belül végbemenő (anatómiai szempontból lényeges) koordináta-tengely irányú elmozdulások és egyes tengely körüli szögelfordulások értelmezését, illetve meghatározását. A modell teszteléséhez Szerző kutatócsoport által végzett, a térd szabad mozgását megközelítő cadaver kísérletek mérési adatait használta fel.

Kulcsszavak: Térdízület, kinematikai modell, optikai helyzet-meghatározás, HD paraméterek

1. BEVEZETÉS

A térdízület lényeges szerepet játszik az ember mozgásában. Az ember törzsfejlődése során a térd anatómiája a mindennapi élet kívánalmainak megfelelően alakult, a forma és a funkció kölcsönhatásának megfelelően. A térd kinematikai funkciójának, a ható külső és belső erők, a geometria és a kapcsolódó anatómiai részek mechanikai paramétereinek megismeréséhez a térdmozgás tanulmányozása, illetve ismerete alapvető fontosságú.

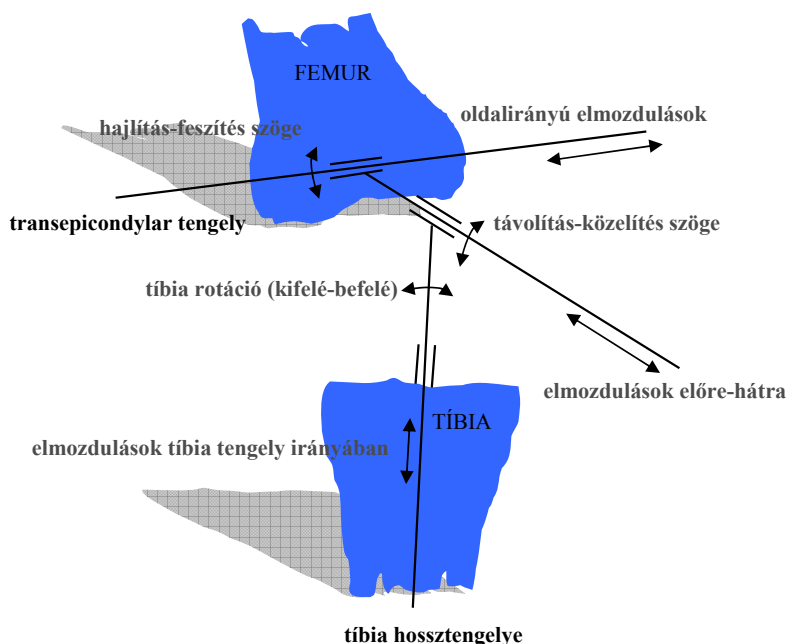
Az utóbbi bő évszázadban – a kor technikai színvonalának megfelelően – különböző módszerek alapján – számos kinematikai tanulmány született. Braune és Fischer (1891) kétfelületű (biplanar) fényképsorozatot készített a térdmozgásról; Zuppinger (1904) volt valószínűleg az első, aki az újonnan bevezetett radiografiás (röntgengráfiás) módszerrel ábrázolta a térdmozgást. A vizuális vizsgálatok marker technikákon alapulnak, melynek során egyes pontok vagy végtagok tengelyeinek mozgását ábrázolják. Annak ellenére, hogy az utóbbi évtizedekben számos új technológiát fejlesztettek ki, (radiológia, fluoroszkópia, három-dimenziós CT, MRI, sztereo-fotogrammetria, ultrahang, stb.), a legtöbb eredmény megbízhatatlan és inkonzisztens más publikált adatokkal [1].

Más szerzők által publikált adatok alapján, a pillanatnyi forgástengelyek elhelyezkedésére vonatkozóan Hollister és társai (1993) egy összehasonlító tanulmányt készítettek. Azt találták, hogy „az eredmények széles változatossága alapján nehézséget okoz a térdmozgásra vonatkozóan határozott megállapításokat tenni”. A tibiának a hajlítás során előálló külső és belső rotációjára vonatkozóan, különböző szerzők véleménye alapján 5-17°-os tartományt állapítottak meg [4,5].

Laboratóriumi körülmények között (in vitro) mechanikai szimulátorokkal végrehajtott vizsgálatok többségükben fantom modellek vagy hullatérdek passzív mozgását vizs-

gálják, vagy számítógépes szimulációk. Ennek a tanulmánynak a célja az emberi térd háromdimenziós, kinematikai modelljének pontosítása.

2. A TÉRD KINEMATIKAI MODELLJE, MINT TÉRBELI NYITOTT LÁNC



1. ábra

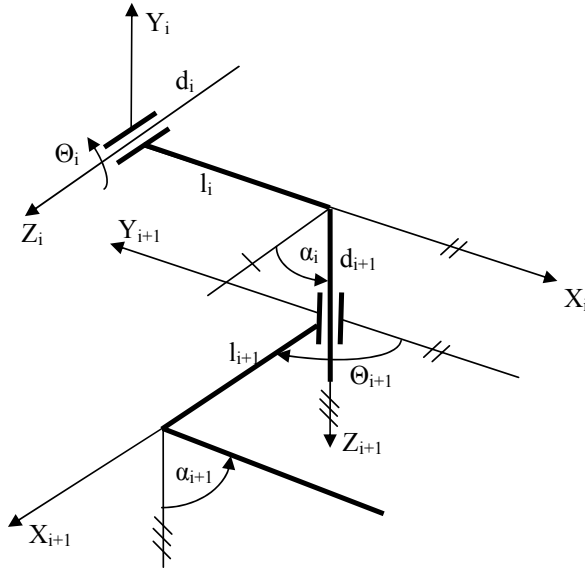
Térbeli nyitott kinematikai lánc, mint a térd modellje

A három térbeli hengeres kinematikai párból álló modell alkalmas az 1. ábrán **pirossal** jelölt (mozgás közben) változó mennyiségek meghatározására. E mennyiségeket a **hajlítás-feszítés szöge** függvényében célszerű ábrázolni.

A modell a rögzített tengelyek (transsepicondylar tengely, tibia hossz tengelye) és egyéb koordinátatengelyek helyzetétől függetlenül működőképes. Fontosnak tartom továbbra is, hogy valamilyen szempontrendszernek megfelelő anatómiai tengelyrendszereket alkalmazzunk.

Hasonló térbeli szerkezetek esetén, ha a kinematikai párok hengeresek vagy (térben mozgó) sícsuklók, előnyösen alkalmazhatók a **Denavit-Hartenberg (HD)** koordináták [2,3].

3. A DENAVIT-HARTENBERG KOORDINÁTÁK



2. ábra

Az i -edik és az $i+1$ -edik tag kapcsolódása, a koordináta-tengelyek rögzítése

A koordináta-rendszerek Z tengelyei egybeesnek a kinematikai párok tengelyeivel. Az $i+1$ -edik taghoz rögzített $(X_{i+1}, Y_{i+1}, Z_{i+1})$ koordináta-rendszerből az X_i, Y_i, Z_i rendszerbe az alábbi transzformációs mátrix segítségével kerülhetünk:

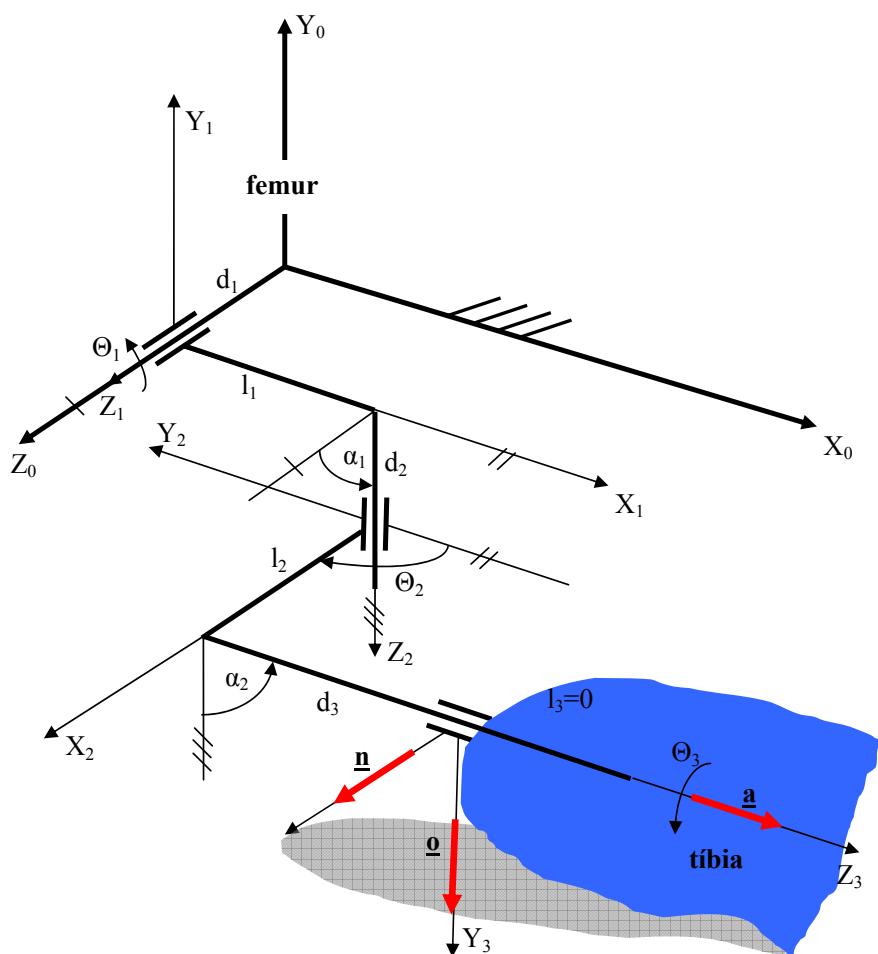
$$A_i = \begin{bmatrix} \cos\Theta_i & -\sin\Theta_i * \cos\alpha_i & \sin\Theta_i * \sin\alpha_i & l_i * \cos\Theta_i \\ \sin\Theta_i & \cos\Theta_i * \cos\alpha_i & -\cos\Theta_i * \sin\alpha_i & l_i * \sin\Theta_i \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

A transzformáció elemei:

- Θ_i szögelfordulás a Z_i tengely körül,
- d_i elmozdulás a Z_i tengely mentén,
- l_i elmozdulás az X_i tengely mentén,
- α_i szögelfordulás a X_i tengely körül.

A HD koordináták alkalmazásának előnye, hogy a transzformáció 6 helyett 4 ($\Theta_i, d_i, l_i, \alpha_i$) olyan (változó) mennyiséggel történik, amelyek illeszkednek a tag és kinematikai párja geometriai sajátosságaihoz [7].

4. A TÉRD 3-HENGERES MODELLJE



3. ábra

A modell a térd kiegyenesített helyzetében

A 3. ábrában láthatók a kiegyenesített helyzet mellett az egyes HD koordináták [6]. A szerkezetben α_i , l_i , ($i=1,2,3$) - a térd sajátos geometriájának megfelelően - tetszőlegesen beállíthatók. Irodalmi javaslatok alapján a következő értékek helyes megközelítések: $\alpha_1=\alpha_2=90^\circ$, $\alpha_3=0^\circ$, $l_1=l_2=l_3=0$. A későbbiekben ezek az értékek finomíthatók. A modell alkalmazása lehetővé teszi az alábbi mennyiségek számítását:

- Θ_1 – a hajlítás-feszítés szöge, az ábrázolt helyzetben nulla fok,
- Θ_2 – a távolítás-közelítés szöge, az ábrázolt helyzetben 90 fok,
- Θ_3 – a tibia-rotáció szöge, az ábrázolt helyzetben nulla fok,
- d_1 – oldalirányú elmozdulás a femurhoz rögzített Z_0 - Z_1 tengely mentén,
- d_2 – elmozdulás a változó helyzetű Z_2 tengely mentén,
- d_3 – elmozdulás a tibia tengely (Z_3) irányában.

Az (1) transzformációs mátrix felhasználásával a 3. ábra kinematikai láncára a

$$\begin{bmatrix} \cos \Theta_1 & -\sin \Theta_1 * \cos \alpha_1 & \sin \Theta_1 * \sin \alpha_1 & l_1 * \cos \Theta_1 \\ \sin \Theta_1 & \cos \Theta_1 * \cos \alpha_1 & -\cos \Theta_1 * \sin \alpha_1 & l_1 * \sin \Theta_1 \\ 0 & \sin \alpha_1 & \cos \alpha_1 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \cos \Theta_2 & -\sin \Theta_2 * \cos \alpha_2 & \sin \Theta_2 * \sin \alpha_2 & l_2 * \cos \Theta_2 \\ \sin \Theta_2 & \cos \Theta_2 * \cos \alpha_2 & -\cos \Theta_2 * \sin \alpha_2 & l_2 * \sin \Theta_2 \\ 0 & \sin \alpha_2 & \cos \alpha_2 & d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \cos \Theta_3 & -\sin \Theta_3 * \cos \alpha_3 & \sin \Theta_3 * \sin \alpha_3 & l_3 * \cos \Theta_3 \\ \sin \Theta_3 & \cos \Theta_3 * \cos \alpha_3 & -\cos \Theta_3 * \sin \alpha_3 & l_3 * \sin \Theta_3 \\ 0 & \sin \alpha_3 & \cos \alpha_3 & d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & P_x \\ n_y & o_y & a_y & P_y \\ n_z & o_z & a_z & P_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

mátrix-egyenlet írható fel, amelyben \underline{n} , \underline{o} , \underline{a} rendre az X_3 , Y_3 , Z_3 tengelyekkel egybeeső, az $X_0Y_0Z_0$ koordinátarendszerben értelmezett egységvektorok. P_x , P_y , P_z az $X_3Y_3Z_3$ koordináta-rendszer origójának koordinátái az $X_0Y_0Z_0$ rendszerben.

Ha elfogadjuk, hogy $\alpha_1=\alpha_2=90^\circ$, $\alpha_3=0^\circ$, $l_1=l_2=l_3=0$, a (2) mátrix-egyenlet a következő módon alakul:

$$\begin{bmatrix} \cos \Theta_1 & 0 & \sin \Theta_1 & 0 \\ \sin \Theta_1 & 0 & -\cos \Theta_1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \cos \Theta_2 & 0 & \sin \Theta_2 & 0 \\ \sin \Theta_2 & 0 & -\cos \Theta_2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \cos \Theta_3 & -\sin \Theta_3 & 0 & 0 \\ \sin \Theta_3 & \cos \Theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & P_x \\ n_y & o_y & a_y & P_y \\ n_z & o_z & a_z & P_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

A (3) mátrix-egyenletből az alábbi egyenletrendszer írható fel:

$$\begin{aligned} n_x &= \cos \Theta_1 * \cos \Theta_2 * \cos \Theta_3 + \sin \Theta_1 * \sin \Theta_3, & n_y &= \sin \Theta_1 * \cos \Theta_2 * \cos \Theta_3 - \cos \Theta_1 * \sin \Theta_3, \\ n_z &= \sin \Theta_2 * \cos \Theta_3, \\ o_x &= -\cos \Theta_1 * \cos \Theta_2 * \sin \Theta_3 + \sin \Theta_1 * \cos \Theta_3, & o_y &= -\sin \Theta_1 * \cos \Theta_2 * \sin \Theta_3 - \cos \Theta_1 * \cos \Theta_3, \\ o_z &= -\sin \Theta_2 * \sin \Theta_3, \\ a_x &= \cos \Theta_1 * \sin \Theta_2, & a_y &= \sin \Theta_1 * \sin \Theta_2, & a_z &= -\cos \Theta_2, \\ P_x &= d_3 * \cos \Theta_1 * \sin \Theta_2 + d_2 * \sin \Theta_1, & P_y &= d_3 * \sin \Theta_1 * \sin \Theta_2 - d_2 * \cos \Theta_1, \\ P_z &= -d_3 * \cos \Theta_2 + d_1. \end{aligned} \quad (4)$$

Az egyenletrendszer felírása, illetve megoldása feltételezi az \underline{n} , \underline{o} , \underline{a} egységvektorok $X_0Y_0Z_0$ rendszerbeli komponenseinek, valamint a tíbiához kötött $X_3Y_3Z_3$ koordináta-rendszer origója (P) $X_0Y_0Z_0$ rendszerbeli koordinátáinak ismeretét.

Az egyenletrendszer gyökei: Θ_1 , Θ_2 , Θ_3 , d_1 , d_2 , d_3

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Zatsiorsky, V. M.: Kinematics of Human Motion, Human Kinetics, 1998.
- [2] G. R. Pennock & K. J. Clark, An anatomy based coordinate system for the description of the kinematic displacements in the human knee, J. Biomechanics 23(12) 1990, 1209-1218.
- [3] E. S. Grood & W. J. Suntay, A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: application to the knee. J. Biomech. Engng 105, 1983, 136-144.
- [4] Bíró, I., M. Csizmadia, B., Szakál, Z., Katona, G.: Motion analysis of the knee joint with experimental method, In: Proc. of the 21st DANUBIA-ADRIA Symposium ON EXPERIMENTAL METHODS IN SOLID MECHANICS, September 29-October 2, 2004, Brijuni/Pula, Croatia.
- [5] Bíró, I.: Kinematical investigation of human knee joint. 21th Working Meeting of the IFToMM Permanent Commission for Standardization of Terminology, Proceedings of the scientific seminar, June 27-July 2, 2005. Bardejov Spa, Slovakia, 91-96. p.
- [6] Bíró, I.; M. Csizmadia, B.; Katona, G.: Determination of instantaneous of rotation of tibia and its role in the kinematical investigation human knee joint. Proceedings of 3rd Hungarian Conference on Biomechanics, Budapest, July 4-5, 2008, p. 55-62.
- [7] SÁLYI, B. et al., Kinematika és kinetika (Tankönyvkiadó, Budapest, 1991)

THREE-CYLINDER KINEMATICAL MODEL OF HUMAN KNEE JOINT

The motions of the human knee joint have been studying by many biomechanical research groups for decades. The problem is very complex and specific from technical point of view. The cause of complexity is partly the elaborateness of the “mechanism”, partly the typical rheological properties of the “components” (bones, cartilages and other soft tissues).

The relative motion properties of the tibia compared to the fixed femur were studied by the authors (as members) of the Szent István University Biomechanical Research Group. The general aim of the research was to create a better mechanical model of the knee joint in order to improve the medical interventions and prosthesis. In this paper the relative motion of the tibia compared to the femur is demonstrated.

On the basis of results obtained from processing of numerous experimental data the followings can be realized: The three-cylinder model as kinematical model of human knee joint is suitable for determining the variables in motion as a three dimensional open-chain mechanism.

SZENNYEZETT AKTÍV SZÉN REGENERÁLÁSA MIKROHULLÁMMAL

LUDÁNYI Lajos

ZMNE BJKMK
Repülő és Légvédelmi Intézet
Fedélzeti Rendszerek Tanszék
Szolnok, Pf. 1.
ludanyi.lajos@zmne.hu

KIVONAT

Az aktív szén regenerálása (azaz a szennyező anyagoktól történő megtisztítása) a hagyományos módszerekkel erőteljesen környezetterhelő és energiaigényes folyamatok összessége. A deszorpció során, a telítődött adszorbensből az elnyelt anyagot ki kell hajtani, hogy az aktív szenet újból fel lehessen használni. Ugyanakkor a tapasztalat azt mutatja, hogy a szénvegyületek és az elszéneseedett anyagok nagymértékben abszorbeálják a mikrohullámú energiát. Így felvetődött az a megoldás, hogy a regeneráláshoz szükséges magas hőmérsékletet és energiasűrűséget egy megfelelően méretezett és kialakított berendezés segítségével, mikrohullámmal hozzuk létre. A mérések során bebizonyítottuk, hogy mikrohullámú energia felhasználásával képesek vagyunk használt (telített) aktív szenet részlegesen vagy teljesen megtisztítani, regenerálni.

Kulcsszavak: *aktív szén, adszorpció, deszorpció, abszorpció, mikrohullám, regenerálás,*

Az aktív szén igen szelektív adszorbens, amelyet szerves gázok, gőzök gázelegyből való kinyerésére, valamint gázok szétválasztására, oldószerek visszanyerésére, véggázok tisztítására egyaránt alkalmazzák. Az aktív szén előnye más oldószervisszanyerő módszerekkel szemben (például: kondenzáció, mélyhűtés, stb.), hogy a vivőgázból az igen kis koncentrációban jelenlévő szennyező, gyúlékony és toxikus anyagokat is ki lehet nyerni. Az aktív szén típusok alapvető fizikai tulajdonságait elsősorban a pórusméretek, a pórus-eloszlást pedig, a nyersanyag minősége és az aktiválási módszer határozza meg. Vegyi tulajdonságai a hamutartalmától, hamuösszetételétől és pH-jától függenek. Az aktív szénnek különböző gázok vagy gőzök adszorbeálására való alkalmasságát, azaz adszorpciós kapacitását egyrészt az illető anyagok polaritása, másrészt illékonysága dönti el.

Kevésbé illékony anyagok jobban adszorbeálódnak az aktív szénen, a deszorpcióval való eltávolításuk azonban nehéz. A gyakorlat azt mutatja, hogy a 200°C feletti forráspontú anyagok deszorbeálása az aktív szénből a szokásos módszerekkel (forró gáz vagy gőz) nem hajthatók végre gazdaságosan.

Az aktív szén más adszorbensekkel szemben nedves gázáramból is képes szerves gőzt vagy gázt adszorbeálni. Az aktív szén aktivitását az adszorpciós kapacitásának vagy visszatartó képességének megadásával minősítik. Az aktivitás az aktív szén meghatározott mennyisége által adszorbeált gáz vagy gőz maximális mennyisége, adott hőmérsékleti és nyomásviszonyok esetén.

Az aktív szén regenerálása (azaz a szennyező anyagoktól történő megtisztítása) a hagyományos módszerekkel erőteljesen környezetterhelő és energiaigényes folyamatok összessége. A deszorpció során, a telítődött adszorbensből az elnyelt anyagot ki kell hajtani, hogy az aktív szenet újból fel lehessen használni.

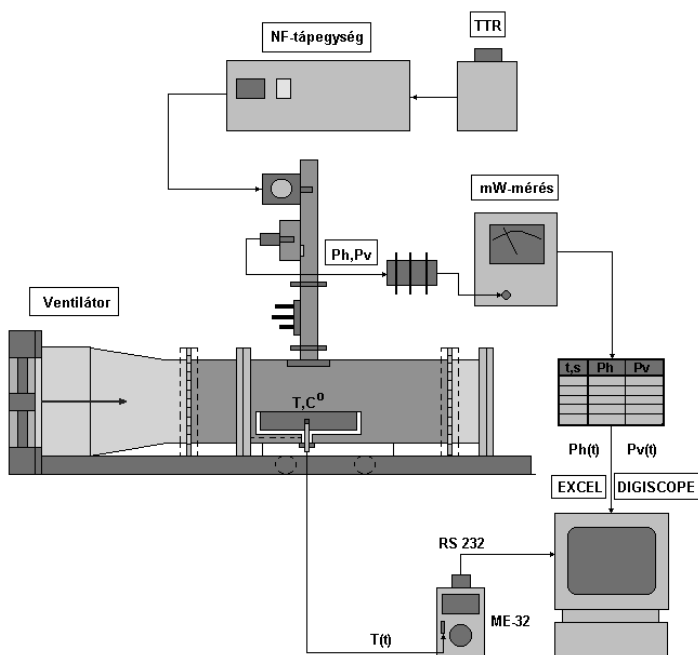
A hőmérsékletváltásos deszorpció a leggyakrabban alkalmazott módszer. Lényege, hogy a feltöltött adszorbens-ágyat megfelelő mértékben felmelegítve annak adszorpciós kapacitása lecsökken, és az adszorbeált gőz vagy gáz az adszorbensből az öblítő vízgőzbe vagy gázáramba jut; az adszorbensből kihajtott anyag az öblítő vízgőzből vagy gázáramból kinyerhető, vagy ha ez nem volna gazdaságos, ártalmatlanításáról kell gondoskodni.

Ugyanakkor a tapasztalat azt mutatja, hogy a szénvegyületek és az elszenesedett anyagok nagymértékben elnyelik, abszorbeálják a mikrohullámú energiát. Ezért felvetődött annak gondolata, hogy a regeneráláshoz szükséges magas hőmérsékletet és energiasűrűséget egy megfelelően méretezett és kialakított berendezés segítségével, mikrohullámmal hozzuk létre.

A mérések során azt bizonyítottuk, hogy mikrohullámú energia felhasználásával képesek vagyunk használt (telített) aktív szenet részlegesen vagy teljesen megtisztítani illetve regenerálni. A mérés elméleti tervezése közben nyilvánvalóvá vált az a lehetőség is, hogy a mikrohullám felhasználása tisztítási célra, jóval kisebb időráfordítást és energiát igényel, mint a jelenleg használt aktívszén-regenerálási technológia. A mérési összeállítást és a mérés blokkvázlatát mutatja az 1.-2. ábra:

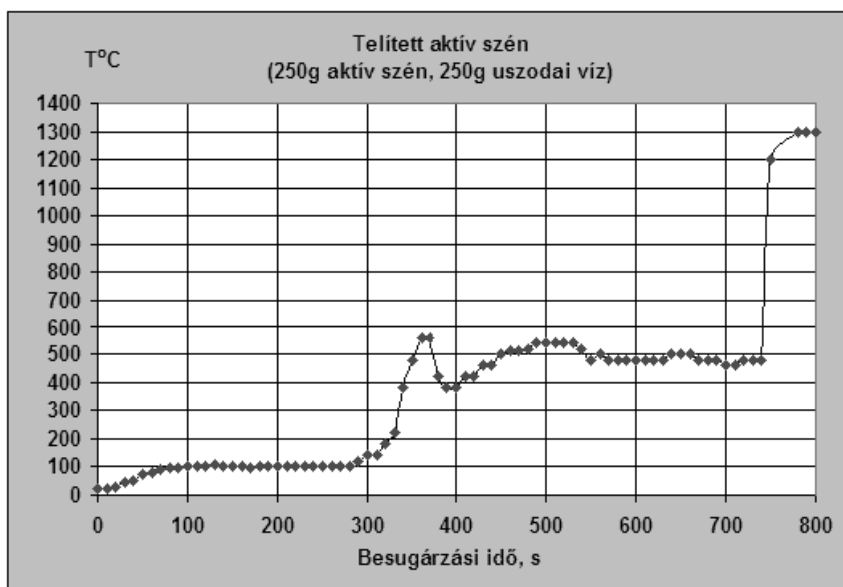


1. ábra Az aktív szén regenerálásának mérési összeállítása



2. ábra Az aktív szén regenerálásának mérési blokkvázlata

Az első mérések során 500g, nagy nedvességtartalmú, uszodai szűrőből kiszerelt, szennyezett aktív szenet sugároztunk be a berendezéssel (3. ábra).



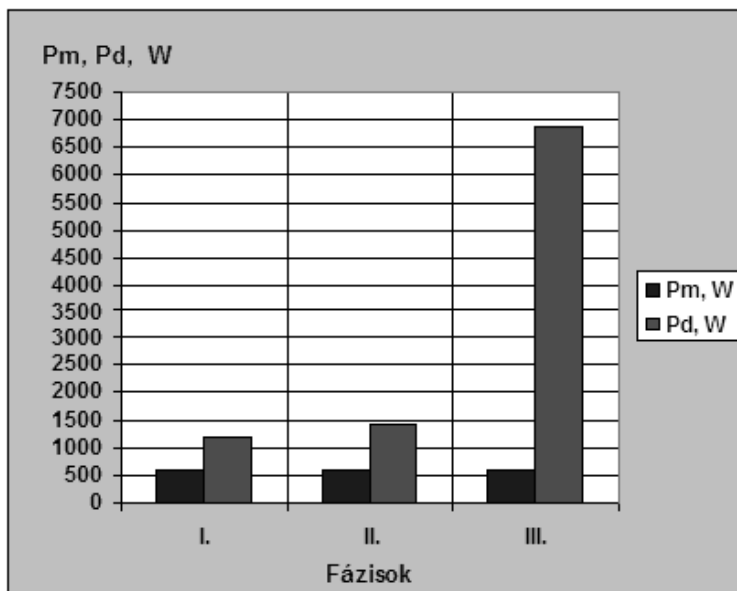
3. ábra: Hő-felfutás a besugárzási idő függvényében

A jelenséget három, egymástól jól elválasztható szakaszra oszthatjuk. Az első szakaszban, amely körülbelül 280 másodpercig tartott, a mikrohullámú energia legnagyobb része arra fordítódott, hogy az aktív szén pórusaiban elhelyezkedő „szabad” víz hőmérsékletét emelje. Az intenzív kipárolgás hőelvonással járt, amely stabilizálta a forráspont körüli hőmérsékletet.

A szennyezett „szabad” víz kipárolgása után, a második szakaszban, az aktív szén molekulái között lévő „kötött” víz kipárolgási folyamata következett. A „kötött” víz eltávolításához nagyobb energia szükséges, amely megmagyarázza a magasabb (400-500°C-s) hőmérsékleti tartományt és a nagyobb besugárzási időintervallumot.

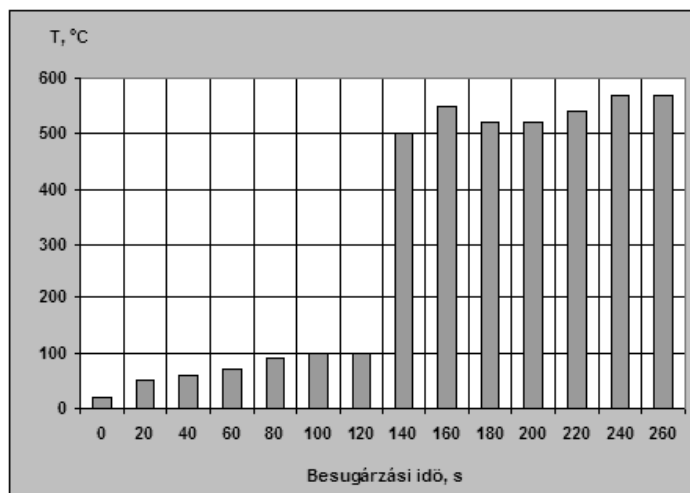
A harmadik szakaszban miután a szennyező vízgőz a térből eltávozott, a száraz és negatív hőfoktényezőjű szén egyre nagyobb mikrohullámú energiát abszorbeált. A negatív hőfoktényező és az ebből adódó csökkenő villamos ellenállás intenzíven növekvő Joule-hőt, végezetül egy lavinaszerűen felfutó hőmérsékletet eredményezett 1300°C-ig. Megelőzve a mérőegység üzemképtelenné válását, ekkor leállítottuk a mérést.

A mérőegység mikrohullámú generátorának teljesítménye $P_m=600$ W. Összehasonlítva az energetikai paramétereket, a szennyezett aktív szénben disszipálódott P_d -teljesítmény a klasszikus hőmérleg-egyenlet és a generált hőmennyiségek alapján, az első két szakaszban átlagosan 117%-al, a harmadikban pedig, az átlagos érték egy nagyságrendjével volt nagyobb, mint a generátor teljesítménye (4. ábra):



4. ábra A mérés energetikai összehasonlítása

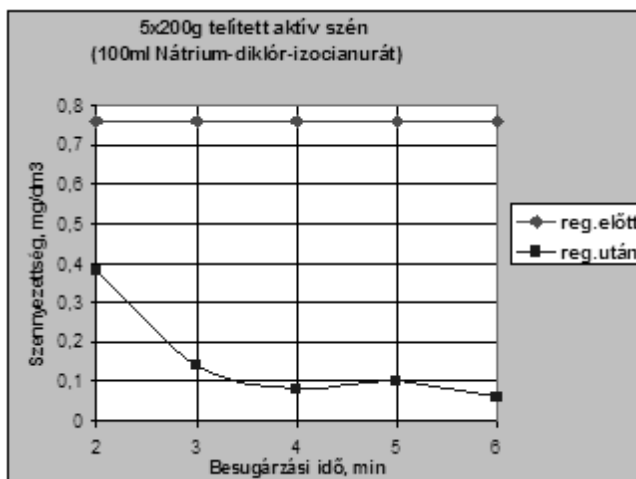
A méréseket 200g mennyiségű telített aktív szénrel többször megismételve, egy átlagfüggvényt kaptunk, amely az 5. ábrán látható.



5. ábra A mérési sorozat átlagfüggvénye

A besugárzás után a regenerálás megállapításához, használt (telített) szénen és a már besugárzott aktív széken, 100 ml Nátrium-diklór-izocianurátot (uszodai vízkezelésben használt vegyszert) folytattunk át, amely $2,86 \text{ mg/dm}^3$ szennyezettségű volt. A szék szennyezettség-fokát akkreditált laboratóriumi mérőműszerrel mértük, amely nagy pontossággal mutatta ki a klórt és vegyületeit. A kiindulási telített aktív szénen átengedve a szennyező oldatot, a szűrlet szennyezettsége $0,76 \text{ mg/dm}^3$ volt, a későbbiekben ehhez az értékhez hasonlítottuk a tisztított aktív szék szennyezettségét.

A különböző besugárzási idővel végrehajtott mérések regenerálási értékei a 6. ábrán láthatóak:



6. ábra A besugárzott, szennyezett aktív szék átlagos regenerálási értékei a besugárzási idők függvényében

A különböző besugárzási időkkel átlagosan 86,8 %-s regenerálási értéket kaptunk, amely bizonyítja az eljárás hatásosságát. Nyilvánvalóan a méréseket folytatni kell más (nehézfém) szennyező anyagokkal átitatott aktív szenekkel is.

REGENERATION OF ACTIVE COAL BY USING MICROWAVE ENERGY

The regeneration of active coal, i.e. cleaning off its contamination by means of traditional methods involves several environmentally rather unfriendly and also energy-consuming processes. During desorption, the emitted substance has to be removed from the saturated adsorbent so that the latter could be used again. However, experience shows that carbon compounds and carbonized substances can absorb microwave energy at a high extent. Consequently, it has been suggested that the necessary high temperature and energy density which are required for the regeneration of active coal could well be provided by means of a specially constructed appliance using microwave. Measurements have proved that used, i.e. saturated active coal can be cleaned, regenerated partially or completely by using microwave energy.

FÜGGŐLEGES TENGELYŰ SZÁRVÁGÓ VIZSGÁLATA

HAGYMÁSSY Zoltán – GINDERT Kele Ágnes

Debreceni Egyetem Agrár és Műszaki Tudományok Centruma
Mezőgazdaságtudományi Kar, Agrár-műszaki Tanszék
4032 Debrecen Böszörményi út 138.
Tel: 52/508-444, e-mail: hagymassy@helios.date.hu.,

KIVONAT

Tájékoztatást adunk az 5000 mm vágási szélességű szárzúzó és fűkasza fejlesztésének lépéseiről, műszaki paramétereiről. A Debreceni Mechanikai Művek új, saját fejlesztésű szárzúzó géppel jelent meg a hazai ill. a külföldi piacon. Az SZV-5000 típusú nagyteljesítményű vágógép alkalmazási területei:

1. Bozótos területek karbantartása.
2. Természetvédelmi területek ápolása.
3. Út menti területek, árkok, rézsűk karbantartása.
4. Tarlók szármaradvány aprítása, egyenletes terítése (kukorica, napraforgó, gabona, stb.)

A berendezést különböző helyszíneken különböző növénykultúrák esetén teszteltük. Vizsgálataink eredményeiből megállapítható, hogy a gép sokoldalúan használható és jelenleg a hazai piacon hasonló nagy teljesítményű, magas hatékonyságú gép nem található.

Kulcsszavak: szárzúzó, függőleges tengely

1. BEVEZETÉS

Becslések szerint Magyarországon a megújuló növényzet energiapotenciálja nagyságrendileg megegyezik az ország éves energiafelhasználásával. Csak energiaerdőkből az ország energiaszükségletének 8-25 százaléka lenne fedezhető. Az utóbbi néhány évtizedben, jelentős változások mentek végbe a hazai növénytermesztés szerkezetében: megnőtt az erdő és a mezőgazdasági művelésből kivett területek aránya, emellett jelentős azon szántóterületek részaránya is, amelyeket évről-évre műveletlen, illetve parlagterületként tartanak nyilván. E területek jelentős része rossz termőhelyi adottsága miatt versenyképes élelmiszertermelésre alkalmatlan, nem vagy csak minimális nyereséggel lehet gazdaságos növénytermesztést folytatni rajtuk. A gazdaságosan nem művelhető, ezért a mezőgazdasági művelésből kivonásra ítélt földterületek egyik lehetséges hasznosítási módja lehet hazánkban az energetikai célú, bioenergia ültetvények.

A termesztéstechnológia elemei közül a betakarítás az egyik legköltségesebb, és legspeciálisabb művelet. Az önjáró gépek, valamint az erdészeti betakarítógépek esetén a speciális géprendszer meglehetősen nagy bekerülési értéke, illetve a gépek kihasználtsága korlátozó tényező lehet. A traktorra szerelt aprítógép ára jóval kedvezőbb, de a berendezés kihasználtsága kisgazdaságok esetén itt is korlátozó tényező lehet. [Sulyok-Megyes]

Kisgazdálkodók számára is megoldást jelenthet egy olyan kedvező árú, univerzális vágógép, amelyik képes nehéz körülmények között akár erdészeti feladatokat is ellátni, ugyanakkor a szántóföldi növénytermesztésben kiválóan használható, ezen felül tereprendezési feladatok is elvégezhetők vele. Azon gazdálkodók számára, akik támogatások fejében kötelezően vállalták a termesztésre nem alkalmas területek karbantartását szintén jó megoldást jelenthet a következőkben ismertetett berendezés.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1 Az új fejlesztésű szárvágó bemutatása

A Debreceni Mechanikai Művek KFT egy új, hazai fejlesztésű, függőleges tengelyű szárvágó géppel (Rotary Cutter) jelent meg a hazai illetve a külföldi piacon. [Hagymássy-Ruscsák] A következőkben tájékoztatást adunk az 5000 mm vágási szélességű szárzúzó fejlesztéséről, műszaki paramétereiről. A gép kardánhajtással működik, egy központi és három kihajtó hajtóművel rendelkezik. Szállítása, tárolása a hidraulikusan felhajtható szárnyak következtében egyszerű, helytakarékos. A kialakított konstrukció lehetővé teszi a közúti közlekedést (1. ábra).

2.2. Az SZV-5000 típusú nagyteljesítményű vágógép jellemző paraméterei, alkalmazási területei

1. A szárzúzó sokoldalúságának köszönhetően alkalmas az erdei aljnövényzet karbantartására, ill. fajtától és teljesítménytől függően, lábon álló vagy előzetesen megdöntött növények zúzására. A különösen erős késekkel szerelt rotor nehéz körülmények között, egyenetlen talajon is képes gallyakat és fatörzseket összezúzni, egyenletesen megtisztított terepet hagyva maga után.
2. Bozótos területek karbantartása. Vágásterek és bozótos területek tisztításra, nyiladékok és távvezetékek nyomvonalának karbantartására
3. Erdészeti betakarítási munkákra. Robosztus, erőteljes felépítése és a speciális kiképzésű késekkel szerelt rotorja révén akár 12 cm vastagságú ágak zúzására is alkalmas.
4. Természetvédelmi területek ápolása.
5. Út menti területek, árkok, rézsűk karbantartása.
6. Tarlók szármaradvány aprítása, egyenletes terítése (kukorica, napraforgó, gabona, stb.)
7. Jól alkalmazható minden ágazatban, ahol fontos a maradványoktól mentes terület megteremtése.

2.3. Fontosabb műszaki adatok

1. Óránkénti teljesítmény kultúrnövényekben: 4-5 ha
2. Vágási magasság x szélesség: 38-380 mm x 5000 mm
3. Vágási sebesség: 4700 m/perc
4. Teljesítmény igény: 75-120 KW (feladattól függően)
5. A kések rendkívül hosszú élettartamúak, felhasználástól függően elérhetik az 1000 üzemórát (40000 ha). A késeket és a berendezést óvja a hajtásláncba beépített legújabb fejlesztésű léghűtő nyomatékhátároló a törések és a sérülések ellen.
6. A vágandó növényzet terítése, gyűjtése a terelő elemek kombinálásával és a kések forgásirányának megváltoztatásával szabályozható, jól kezelhető.

2.4. A berendezés tesztelése különböző helyszíneken különböző növénykultúrák esetén

1. Mezőhegyes, Ménesbirtok Rt.: kukorica szárzúzást végeztünk vele.
2. Dévaványa: napraforgó betakarításakor teszteltük a gépet.
3. Biharkeresztes Kutas 95 Kft. Napraforgó szármaradvány, cserjés borókás, terület tisztítása
4. Hortobágyi Nemzeti Park: Gyalog akáccal fertőzött terület tisztítása.(jelenleg itt működik egy a Hortobágyi Nemzeti Park által megvásárolt referencia gép)



1. ábra. SZV-5000 típusú szárzúzó

3. AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

3.1. A Biharkeresztesen végzett teszt eredményei

Helyszín, Biharkeresztes, Kutas 95 Kft.

Terület jellemzők: a talaj kötött agyagos, erősen gyomos (szerbtövis)

A Biharkeresztesen végzett teszt győzött meg mindenkit arról, hogy puhafafajták esetén 80-100 mm-es törzsvastagságig képes a terület megtisztítására, míg keményfajfajták esetén az ágvastagság 50-70 mm lehet. Ez az eredmény teszi alkalmassá a gépet az erdészeti feladatok ellátására is. Ugyanakkor az előzetes mérési adatok azt mutatják, hogy a fajlagos fogyasztás egységnyi területre vetítve kultúrnövények esetén 20-30%-kal kedvezőbb egy vízszintes tengelyű szárzúzóval összehasonlítva, ami a mai üzemanyagárakat figyelembe véve jelentős tényező lehet (2. ábra)



2. ábra. SZV-5000 típusú szárzúzó Biharkeresztesen

3.2. A Hortobágyon végzett teszt eredményei

Helyszín, Hortobágyi Nemzeti Park

Terület jellemzők: a talaj gyalog akáccal erősen fertőzött

A berendezést vizsgáltuk betondarabokkal, betonvasakkal szennyezett terepen, ahol a kések a 12x12 mm-es betonoszlop darabokat eltörték, illetve a 16 mm-es betonacélokat elhajlították. A Hortobágyi tesztek során a berendezés 200x200 mm-es vasbeton oszlopokkal találkozott, amelyet rendkívül jól viselt. Az oszlopot több darabban eltörte, a 16 mm-es betonacélokat elhajlította, a gépen szemmel tapasztalható károsodás nélkül (a hajtásláncba épített nyomatékhatárolóknak is köszönhetően) (3. ábra)



3. ábra. SZV-5000 típusú szárzúzó Hortobágyon

Vizsgálataink eredményeiből megállapítható, hogy a gép sokoldalúan használható mind keményszárú mind lágyszárú növények zúzására, vágására,

betakarítására. Jelenleg a hazai piacon hasonló hazai fejlesztésű, nagy teljesítményű, magas hatékonyságú gép nem található.

4. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Sulyok Dénes, Megyes Attila, Energiatermelés faültetvényből származó megújuló energiából VI. Agrárágazat 2007. 7. p.9.
- [2] Hagymássy Zoltán, Ruszcsák Zoltán, Hazai fejlesztésű nagyteljesítményű szárzúzó. Agroinform. 2007/XVI. 12. p.22.

INVESTIGATION OF VERTICAL AXIS ROTARY CUTTER

Debreceni Mechanikai Művek introduced a new, self-developed rotary-cutter on domestic and foreign market. We inform about the developing and the main specifications of rotary-cutter which has a cutting width of 5000 mm. Field of application of SZV 5000 rotary-cutter:

1. Maintenance of bushy areas
2. Maintenance of natural-preserve territories
3. Maintenance of roadside areas, ditches, splayed fields
4. Cutting stalk remains of stubble fields (corn, sunflower, grain etc)

The machine has been tested in different location and plants. On our examination we can declare that the rotary-cutter versatility usable and no similar machine with comparable efficiency-figures is available in Hungary at present.

A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A GÉPGYÁRTÁSTECHNOLÓGIA TERÜLETÉN

KOVÁCS Attila –VARGA Gyula

Nyíregyházi Főiskola, 4400, Nyíregyháza, Kótaji u. 9-11, kovacs.attila@nyf.hu
Miskolci Egyetem, Miskolc-Egyetemváros, gyula.varga@uni-miskolc.hu

KIVONAT

A mai gyártó környezetben nagyon sok iparág próbált meg rugalmas gyártó rendszereket alkalmazni hogy lépést tudjanak tartani a piaci versenyben. Ehhez egy új megközelítésre van szükség, amely figyelembe veszi a forgácsolás technológiai, környezeti és gazdaságossági kérdéseit. A neurális hálózatok használata egy nagyon nehéz feladathoz segít megfelelő modellt keresni, hiszen a fémforgácsolás során figyelembe kell venni nagyon sok mindent, például a forgácsoló erőket, a szerszám kopását, stb.

Ennek a cikknek az a szándéka, hogy egy összefoglalást adjon a mesterséges neurális hálózatok adta lehetőségekről.

Kulcsszavak: forgácsolás, gépgyártástechnológia, mesterséges intelligencia, fuzzy logika

1. BEVEZETÉS

A gépgyártásban a fém alkatrészek közel 80 százaléka ma is forgácsolással készül. Ennek legfontosabb oka, hogy a forgácsoló szerszám egyszerű, az alakképzés folyamata a szerszámgépen, modell alapján, mozgásleképzéssel vezérelhető. A forgácsolással elérhető geometriai pontossággal és alakhűséggel más technológiák gyakran nem versenyképesek.

Mintegy 35-40 éve, jórészt biológiai kutatások eredményeképpen merült fel az a gondolat, hogy a természetes, "biológiai" neurális hálózatok mintájára is létrehozhatók számító rendszerek. Az alapgondolat térnyerése azonban csak az utóbbi, mintegy 10-15 évben következett be. Egy "új" számítási paradigma, a neurális számítástechnika (neural computing) jelent meg, amely a természetes (biológiai) neurális rendszerek felépítése és működési mechanizmusa mintájára hoz létre számító rendszereket. Olyan rendszereket, melyek a feladatokat nem algoritmikusan oldják meg, hanem a természetből ellesett módon mintákból, példákából nyert tapasztalatok felhasználásával, tanulás útján alakítják ki feladatmegoldó képességüket. E "mesterséges" neurális rendszerek felépítésükben is hasonlóságot mutatnak a biológiai neurális rendszerekkel; sok, egymással nagymértékben összekötött elemi műveletvégző egységből állnak, melyek párhuzamos működésük révén bonyolult feladatok igen gyors megoldására is képesek lehetnek.

Az utóbbi évek kutatásai ráirányították a figyelmet a mesterséges intelligencia alapú modellek, elsősorban a neurális hálók és a fuzzy logika alkalmazhatóságára. Ezeket az intelligens módszereket alkalmazták például a különböző monitoring feladatokra.

A hazai kutatások egyik tekintélyes alakja volt Hatvany József, aki az intelligens gyártás fogalmát megalkotta. A forgácsolási és a számítógépes technológiai tervezés kutatásai a GTI-ben folytak.

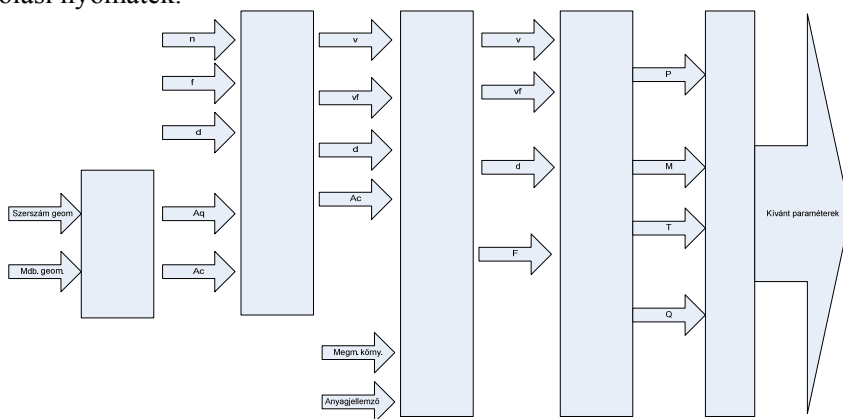
2. NEURÁLIS HÁLÓZAT

2.1. A neurális hálózatok korlátai

A neurális hálózatok számos előnye mellett természetesen hátrányai is megjelennek. Mivel a hálók úgy viselkednek, mint egy fekete doboz, belelátni nem lehet, a számítási módszerük is bonyolult, sokkal több számítást igényelnek mint például a tapasztalati képletek. A betanítási folyamat lassú, körülményes, stb. Mivel a hálózat tanítása csak meglévő kísérleti adatok alapján lehetséges nagyon fontos megválasztani hogy milyen tanulási adathalmazt használunk. A betanított hálózatokat további kísérletekkel és ezeknek eredményeivel kell ellenőrizni. Ezeknek az adathalmazoknak nem szabad „lyukakat” tartalmazniuk. A neurális hálózatok ilyen típusú és nemlineáris feladatok esetén nagyon gyenge eredményt hozhat és bizonyos feladatokra – pl.: titkosítás – nem használhatóak a hálózatok.

2.2. Modellezés neurális hálózatokkal

Az esztergálási folyamatok modellezése során célszerű többrétegű neurális hálózatokat alkalmazni, ugyanis vannak olyan nemlineáris folyamatok, amelyekben bizonyos paramétereket a neurális hálózatok segítségével kell becsülni (2. ábra). Ilyen például a forgácsoló erő. Más paramétereket pedig ezeknek a becsült értékeknek az analitikus képletekben való felhasználásában használjuk fel további számításokra. Ilyen például a forgácsolási nyomaték.



2. ábra A többrétegű forgácsolási folyamat modell

Az első szinten az alapvető geometriai és technológiai alapváltozók kerülnek meghatározásra. Ezeket a hálózat számítja a matematikai összefüggések alapján. A második szinten az összetett determinisztikus állapotváltozók értékei kerülnek meghatározásra. Ezzel a geometriai folyamatmodellezés véget ér. A harmadik szinten a forgácsoló erők értékének a becslése a feladat. Ezt empirikus összefüggések alapján több módszerrel számítható. Ezeknek az erőknek az ismeretében a következő szinten meghatározhatóak a forgácsolás további paraméterei, mint a forgácsoló nyomaték,

illetve a teljesítmény valamint a felhasznált energia. Számítható a szerszámkopás is, a hátralévő éltartam, stb.

Az utolsó szinten a technológiai jellemzők átlagos értékeit számítjuk ki. A szimuláció végén ezek az esztergálási művelet minden gyártásirányítás szempontjából fontos tulajdonságot tartalmaznak.

Az ötödik szint modellje abból a feltevésből indul ki, hogy egy adott szerszámgépen meghatározott szerszámokkal egy adott munkadarab megmunkálása során a gyártmány minősége elsősorban a megmunkálás során fellépő erőktől, azok csúcsértékeitől, az anyagleválasztás intenzitásától, a szerszám kopottságától, a fellépő forgácsoló nyomatóktól és forgácsolási teljesítménytől, a felhasznált energiától függ. Ezeket a nemlineáris kapcsolatokat hagyományos modellekkel leírni nem lehetséges. A neurális háló üzemi mérések adatain alapuló betanításával azonban a modellezésre mód nyílik. A modell és az ez alapján kidolgozott szimulátor elsősorban ott alkalmazható, ahol az alkatrészek ismétlődő sorozatgyártása folyik, így a gyártás megkezdése előtt, vagy annak korai szakaszában méréssel és adatgyűjtéssel mindkét neurális háló betanításához elegendő adatot lehet összegyűjteni. A modern gyártóüzemekben az ehhez szükséges infrastruktúra rendelkezésre áll.

A modell hátránya a neurális hálók gyenge extrapolációs képességéből ered: amennyiben a gyártás során valamilyen paraméter jelentősen megváltozik, úgy a méréseket és a betanításokat újra el kell végezni.

3. FUZZY LOGIC - ELMOSÓDOTT HALMAZOK LOGIKÁJA

Az elmosódott halmazok logikája (angolul: fuzzy logic) a többértékű logikai szemantikák egyike. Tulajdonképpen fuzzy logika név alatt egy egész elméletcsaládról beszélhetünk, melynek sokrétű alkalmazásai vannak elsősorban az informatikában, de alkalmazásra talált a nyelvtudományi és logikai szemantikában, a matematikai logikában és a valószínűségelméletben is.

A tágabb értelemben vett fuzzy logika alapját képezi a fuzzy számítógépes rendszereknek, melyek szemben a szokványos rendszerekkel, nem csak igen és nem (illetve ki és be, vagy 1 és 0) értékekkel dolgoznak, hanem közbülső „valóságértékekkel” is, mint például 0,5 (félígmeddig), 0,2 (kicsit), 0,8 (elégge)... Ezáltal az „életlen” (fuzzy) meghatározások (mint például az előbbieket) matematikailag kezelhetővé válnak.

A fuzzy logika alkalmazásai megtalálhatók az automatizálási technikában, az üzemgazdaságban, az orvosi technikában, a szórakoztató elektronikában az autópárházban stb. A fuzzy logika gyakran akkor hasznos, ha egy bizonyos probléma matematikai leírása nem áll rendelkezésre, ill. nem, vagy csak túlzott ráfordítással lenne elkészíthető, azonban a hétköznapi verbális, szöveges megfogalmazás adott. Ilyen esetekben a folyó nyelven, tehát normális emberi beszédben, fogalmazott mondatokból és szabályokból a fuzzy logika segítségével egy olyan matematikai megfogalmazás, leírás nyerhető, amely aztán számítógépeken is alkalmazható. Nagy előnye, hogy alkalmazható környezetbarát megmunkálások modellezése esetén is, mivel beállíthatók olyan paraméterek például a kenőanyag esetén, mint nagyon kevés, kevesebb, több, sok, nagyon sok.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A mesterséges intelligencia segítségével olyan folyamatok is modellezhetőek, amelyeket más módszerekkel leírni nagyon nehéz, vagy lehetetlen. A betanítási folyamat elvégzése után kevés számítási igénye van a rendszernek, de mivel a betanítási folyamat nagyon hosszadalmas, mérlegelni kell, hogy használata célszerű, illetve gazdaságos-e. Amennyiben megfelelő adathalmaz áll rendelkezésünkre, használata egyszerű és célszerű, viszont vigyázni kell, hogy az adathalmaz bevitelekor hibákat ne vigyünk a rendszerbe, mert az téves eredményhez vezet.

5. IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Franci Cus, Uros Zuperl: Approach to optimization of cutting conditions by using artificial neural networks. *Journal of Materials Processing Technology* 173 (2006) 281–290
- [2] E.O. Ezugwu, D.A. Fadare, J. Bonney, R.B. Da Silva, W.F. Sales: Modelling the correlation between cutting and process parameters in high-speed machining of Inconel 718 alloy using an artificial neural network. *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 45 (2005) 1375–1385
- [3] R.J. Kuo: Multi-sensor integration for on-line tool wear estimation through artificial neural networks and fuzzy neural network. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 13 (2000) 249-261
- [4] Tamas Szecsi: Cutting force modeling using artificial neural networks. *Journal of Materials Processing Technology* 92-93 (1999) 344-349
- [5] Dimla E. Dimla, SnrApplication of perceptron neural networks to tool-state classification in a metal-turning operation. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 12 (1999) 471- 477
- [6] Kovács Attila – Dr. Varga Gyula: A neurális hálózatok alkalmazási lehetőségei a környezetbarát fémforgácsolás modellezésében. *doktoranduszok Fóruma 2007*, Miskolc, pp: 72-77

RÖPÍTŐTÁRCSÁS MŰTRÁGYASZÓRÓ: MODELL ÉS MÉRÉSI EREDMÉNYEK

GINDERT-KELE Ágnes, HAGYMÁSSY Zoltán

Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma, Agrár-műszaki Tanszék
4028 Debrecen, Böszörményi út 138.
e-mail: battane@agr.unideb.hu

KIVONAT

Az általunk korábban kidolgozott módszerek szerepet kaphatnak a precíziós mezőgazdasági alkalmazások során. A korábbi elméleti modelleket összehangolva, a műtrágyaszóró röpitőtárcsáján majd a levegőben történő szemcsemozgást határozzuk meg, melynek eredményeként a várható szórásképek kiszámíthatók. A sugáriránnyal szöget bezáró lapátokkal felszerelt kúpos tárcsán a részecske mozgásának leírására egyszemcsés, analitikus modellt alkalmazunk. Ezt követően a szemcsék levegőben történő repülését Kármán módszerével írjuk le. A számításokat a kísérleti berendezésnek megfelelő kéttárcsás műtrágyaszóró modellen végeztük. A számítógépes szórási „kísérletekhez” műtrágya típusonként 250 műtrágyaszemcse egyenként mért fizikai tulajdonságait (tömeg, légellenállási tényező, méret) használtuk fel. Eredményeink azt mutatják, hogy a számított szórásképek a szemcsék fizikai tulajdonságain kívül a műtrágyaszóró jellemzőire illetve azok beállítására érzékenyek. Egyes paraméterek (pl. adagolási hely, légellenállási tényező) empirikus korrekciójával a kísérletihez közelítő szórásképek nyerhetők. A számított eredményeket (pl. szórás egyenlőtlenség) összehasonlítottuk a mérőpályás kísérleti eredményekkel.

Kulcsszavak: röpitőtárcsás műtrágyaszóró, szórásképek

1. BEVEZETÉS

A röpitőtárcsás műtrágyaszóró gépek fontos szerepét igazolja, hogy ezekkel a gépekkel juttatják ki a kiszórt szilárd műtrágyák legnagyobb részét. A kijuttatás számítógépes modellezése azért fontos, mert kiegészítheti a költséges mérőcsarnokos kísérleteket. A gyakorlatban leginkább elterjedt kéttárcsás műtrágyaszórót modelleztük. Az elméleti hátteret egy korábbi munkánkban már ismertettük [4], ezért ennek részleteitől most eltekintünk. A sugáriránnyal szöget bezáró lapátokkal felszerelt kúpos tárcsa lapátján történő szemcse mozgás (Olieslagers [9] és Dintwa [3]) leírására Villette et al. [14] analitikus modelljét alkalmaztuk, amiről bizonyították, hogy az ismert speciális esetekben megegyezik Patterson and Reece [10] eredményeivel. A szemcsék levegőben történő mozgását Kármán and Biot [7] hodográfós módszerével követtük, amelynek eredményeként a szemcse becsapódási helyek számíthatók.

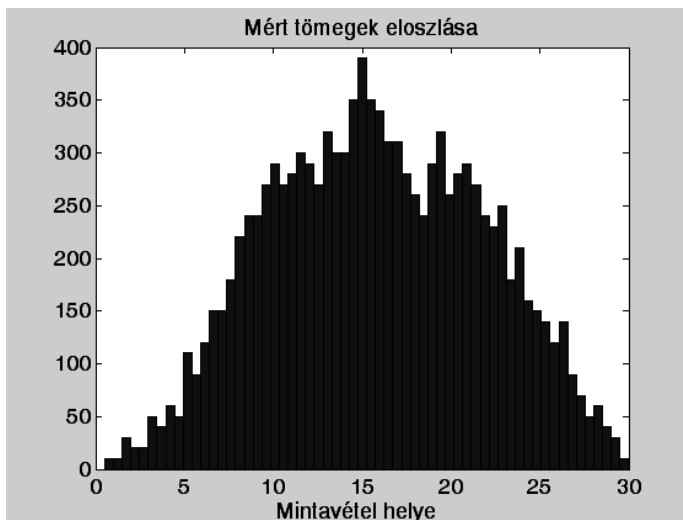
2. ISMERT FIZIKAI TULAJDONSÁGÚ MŰTRÁGYASZEMCSÉKKEL SZÁMÍTOTT ÉS A MÉRT SZÓRÁSKÉPEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

A jelen munkában összehasonlítjuk a számolt és mért szórásképeket, amit egy kereskedelmi forgalomban kapható műtrágyaszóró szokásos paramétereivel és a kísérletileg mért műtrágyaszemcsékkel valósítottunk meg. A korábbi kísérleti munkánkban 250 elemű mintákban, öt különböző műtrágyára megmértük a szemcsénkénti k_{air} légellenállási tényezőket és a szemcse tömegeket (Polyák N.I.[11]). Az alábbiakban összehasonlítjuk a jelen modellel számított, és a mérőpályán

kísérletileg mért szórássegénylőtlenség adatokat. A számítógépes modellezéshez a következő bemenő paramétereket alkalmaztuk:

A vizsgált műtrágya: Ammónium-nitrát (34%) (Agrolinz Agrochemikalien GmbH), a szemcsék sűrűségi tényezője a lapáton $\mu = 0.22$, a lapát hossza $l_v = 0.40$ m, a lapáttal érintőleges belső kör sugara $r_p = 0.05$ m, az adagolási hely minimális távolsága $r_{\min} = 0.05$ m, az adagolási hely centruma $r = 0.12$ m, a lapátról távozó szemcsék szöge a vízszinteshez képest $\Omega = 9^\circ$, a tárcsa fordulatszáma $n = 840$ 1/min, a traktor sebessége $v_{tr} = 8$ km/h, a két tárcsa közötti távolság 0.9 m, a tárcsa magassága a talajtól 0.9 m, a kísérleti légellenállási tényezők korrekciós tényezője $cor = 0.6$. Az adagoló nyílás Ψ_L iránya -53° és az adagolási hely nyílásszöge $\Psi_{LW} = 50^\circ$.

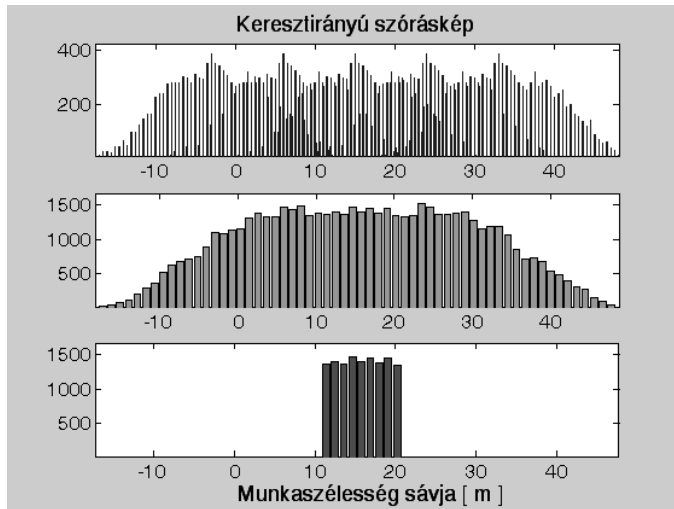
A kísérleti berendezés esetén csak az eltéréseket adjuk meg: két eltérő hosszúságú, 400/300 mm-es lapát volt vízszintes tárcsán elhelyezve. Nem volt azonos (és nem is lehet azonos) a 250 elemű műtrágyaszemcse minta és a mérőpályás kísérletekben használt ammónium-nitrát műtrágya. A C_D légellenállási tényezőt a repítés során állandónak tekintettük Reumers et al. [12, 13], Lapple [8]. Azonban a kísérletileg mért szemcse légellenállási tényezőket 0.6-es faktorral kellett korrigálni, amire feltehetően azért volt szükség, mert a szemcsénkénti kísérletek során jóval alacsonyabb sebességnél mértük a légellenállási tényezőt (lebegtetéses, légcsatornás módszer, Hofstee [6], Grift et al. [5]). A csúszó sűrűségi tényezőt a szemcsék és a lapát anyaga között mértük. A valóságban azonban – különösen nagy tömegáramoknál – gördülő mozgás, és szemcséken történő csúszás is megvalósul. Ezért ez az érték változó, ami a távozó szemcsék távozási irányát még diffúzabbá teszi és jelentősen befolyásolhatja a szórásképet.



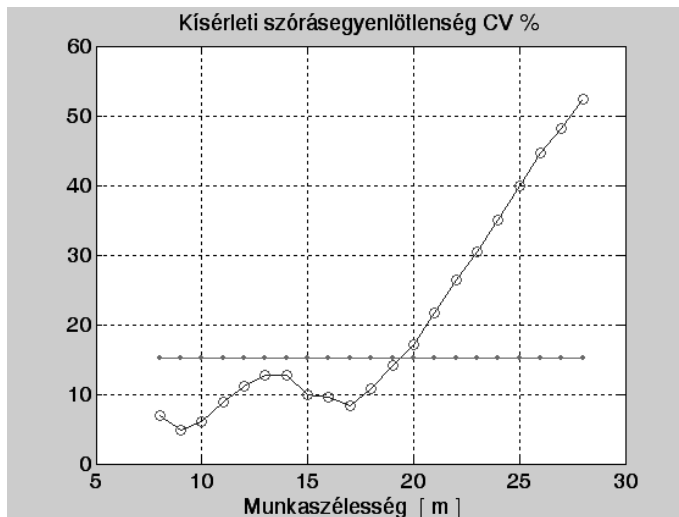
1. ábra A kísérletileg mért keresztirányú szóráskép (30m-es sáv)

Az elméleti számítások során a következő paramétereket határoztuk meg. A lapát hátraállítási szöge 7.2° . Közelítő szemcse sebesség a lapát végén $= 28.1$ m/s. A lapátvég érintő irányú sebessége a vízszintes síkban $= 35.0$ m/s. A szemcsék átlagos leválási szöge $= 108^\circ$. A lerepülő szemcsék átlagos sebessége az xy síkban $v = 26 \pm$

0.4 m/s. Maximális x irányú repítési távolság = 8.1 m. Maximális y irányú repítési távolság = 15.7 m. A legegyenletesebb szórást jellemző variancia CV érték 10 %, 12 m munkaszélességnél. Az elfogadható munkaszélesség alsó és felső határa = 10 - 20 m.



2. ábra A kísérleti adatokból számított keresztirányú szórás a legegyenletesebb kijuttatáshoz tartozó 9m-es munkaszélességnél

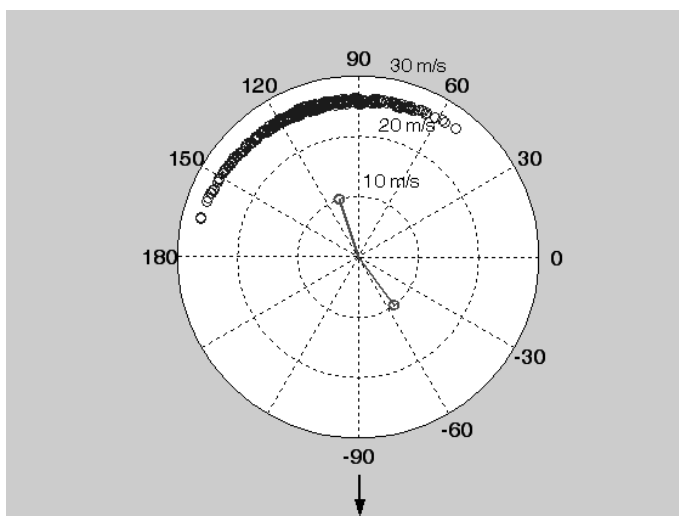


3. ábra A számítással származtatott kísérleti szórás egyenlőtlenség. Az elfogadható CV=15%-os szintet a vízszintes egyenes jelöli

Az 1. ábrán a mérőpályás (gyűjtőedényes) tömegmérésekből kapott eloszlást láthatjuk egy 30 m-es sávban (Ancza, [1]). Az ebből körkörös fogácsolással

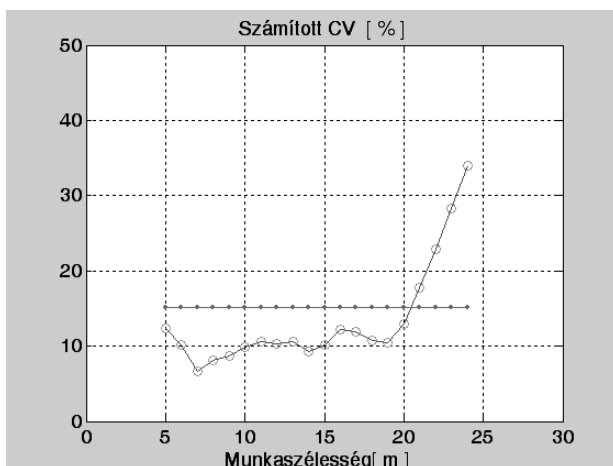
számított keresztirányú szórásképet mutatja a 2. ábra, a legkisebb CV-t (Csizmazia [2]) biztosító 9 m-es munkaszélesség esetében. A 3. ábra pedig a kijuttatás egyenlőtlenségét mutatja a munkaszélesség függvényében.

A 4. ábra polár koordinátarendszerben ábrázolja az elméleti számítás első lépésének eredményét: a lapátokról távozó szemcsék sebességének nagyságát a különböző irányokban. Külön jelöltük az adagolási helyet és a szemcsefolyam eltávozási helyének átlagos irányát. Egy ilyen ábra szemrevételezése alapján eldönthető, hogy a várható szórásképet érdemes-e kiszámolni a ballisztikával. Ha az ábra nagyon aszimmetrikus és a szemcsék távozási iránya nem terjed át a szomszédos síknegyedre, akkor aszimmetrikus keresztirányú szóráskép várható, amit a munkaszélesség beállításával nehéz javítani.



4. ábra A tárcsáról különböző irányokban lerepülő szemcsék sebességeloszlása.
A traktor haladási iránya függőleges, lefelé irány (-90°).

A mért és számított keresztirányú szórásegyenlőtlenségek összehasonlítása (3. és 5. ábrák) azt mutatja, hogy a kísérleti és elméleti eredmények tendenciájukban hasonlóak. Megfigyelhető, hogy mindkét ábra szerint a 20m-nél kisebb munkaszélességekkel elérhető a kívánt minőségű műtrágyázás. Azonban a számítások további finomítására van szükség ahhoz, hogy az empirikus korrekciók szerepe minél kisebb legyen.



5. ábra. A megadott paraméterekkel számított szórás egyenlőtlenség a munkaszélesség függvényében. Az elfogadható CV=15%-os szintet a vízszintes egyenes jelöli.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

A korábbi munkáinkban bemutatott röpítőtárcsás műtrágyaszóró modell reprodukálja a kéttárcsás centrifugális műtrágyaszóró általános tulajdonságait. A jelen munkában ammónium-nitrát műtrágya esetén összehasonlítottuk a kísérleti és az elméleti szórás egyenlőtlenséget. A modell további finomítását tervezzük, ami kevesebb empirikus korrekció alkalmazásával is jól egyező eredményt ad a mérőpályás kísérletekkel.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Ancza, E. . Röpítőtárcsás műtrágyaszóró gépek munkaszélesség növelésének elméleti és gyakorlati összefüggései. Doktori (PhD) értekezés, Debrecen.(2005)
- [2] Csizmazia Z.: Technical conditions of equalized fertilizer application. Hungarian Agricultural Research, (1993) No. 4. , 16-22.
- [3] Dintwa E.-Van Liedekerke P.-Olieslagers R.-Tijssens E.-Ramon H.: Model for simulation of particle flow on a centrifugal fertiliser spreader. Biosystems Engineering (2004) 87 (4), 407-415.
- [4] Gindert-Kele Á.-Hagymássy Z., Röpítőtárcsás műtrágyaszóró modell, MTA DAB Műszaki tudomány az Észak Alföldi Régióban 2008. Tudományos konferencia. Debrecen. 49-59.
- [5] Grift TE.-Walker JT.-Hofstee JW.: Aerodynamic properties of individual fertilizer particles. Transactions of the Asae (1997) 40, 13-20.

- [6] Hofstee JW : Handling and Spreading of Fertilizers .2. Physical-Properties of Fertilizer, Measuring Methods and Data. Journal of Agricultural Engineering Research (1992) 53, 141-162.
- [7] Kármán T.-Biot MA: Matematikai módszerek műszaki feladatok megoldására. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, (1967) 2. kiadás, p 172-177.
- [8] Lapple CF.: Fluid and Particle Mechanics. USA: University of Delaware Press, 1951.
- [9] Olieslagers R.-Ramon H.-DeBaerdemaeker J.: Calculation of fertilizer distribution patterns from a spinning disc spreader by means of a simulation model. Journal of Agricultural Engineering Research (1996) 63, 137-152.
- [10] Patterson DE.-Reece AR.: The theory of the centrifugal distributor I: Motion on the disc, near-centre feed. Journal of Agricultural Engineering Research (1962) 7, 232-240.
- [11] Polyák N.I.: Búza vetőmag fizikai jellemzői. Doktori (Ph.D) értekezés, Debrecen, 2001.
- [12] Reumers J.-Tijsskens E.-Ramon H.: Experimental characterisation of the tangential and cylindrical fertiliser distribution pattern from a spinning disc: A parameter study. Biosystems Engineering (2003) 86, 327-337.
- [13] Reumers J.-Tijsskens E.-Ramon H.: Experimental characterisation of the cylindrical distribution pattern of centrifugal fertiliser spreaders: towards an alternative for spreading hall measurements. Biosystems Engineering (2003) 86, 431-439.
- [14] Villette S.-Cointault F.-Piron E.-Chopinnet B.: Centrifugal Spreading: an Analytical Model for the Motion of Fertiliser Particles on a Spinning Disc. Biosystems Engineering (2005) 92, 157-164.

SPINNING DISC CENTRIFUGAL SPREADER: MODEL AND MEASUREMENTS

The spreader model we have introduced recently is able to reproduce the general behaviour of spinning-disc centrifugal spreaders. In the present work we compared the experimental and theoretically calculated spreading quality (CV%) as a function of swath width. For ammonium-nitrate fertilizer and a commercial spreader we got satisfactory agreement, supposed that some empirical corrections are considered in the model. In future improvement of the model we hope that we will be able to reduce the role of the „artificial” corrections.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton is köszönöm Dr. Csizmazia Zoltán professzor úr támogatását a téma felvetésében és kivitelezésében. Köszönöm Dr. Ancza Erzsébetnek, hogy mérési adatait rendelkezésre bocsátotta, valamint Dr. Polyák Ilona segítségét a munkánkhoz.

A KÜLÖNBÖZŐ MŰSZAKI-TECHNIKAI MEGOLDÁSOKBAN REJLŐ NÖVÉNYVÉDŐ SZER MEGTAKARÍTÁSI LEHETŐSÉGEK KÍSÉRLETI IGAZOLÁSA

KALMÁR Imre

Szolnoki Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Fakultás 5400 Mezőtúr, Petőfi tér 1. kalmi@mfk.hu

KIVONAT

A különböző hazai és külföldi permetezőgép vizsgálatainkat öt évvel ezelőtt egy OTKA project keretében kezdtük el. A projekt száma: T-042594, a címe: „A növényvédő szer kijuttatás csökkentésének alkalmazástechnikai lehetőségei”. A különböző ültetvényekben elvégzett vizsgálatok kimutatták az új, korszerű technológiai módszerek előnyeit a hagyományos permetezőgépekhez képest. A modern technológia alkalmazása kedvezőbb növényvédő szer lerakódást eredményezett a célfelületen – hasonló mennyiségű növényvédő szer kijuttatás esetén – mint a hagyományos permetezőgép. A fedettség alacsonyabb permetlé dózis kijuttatás mellett is megfelelő volt, így lehetőség nyílik csökkentett növényvédő szer dózissal is eredményesen elvégezni a permetezést.

Kulcsszavak: elektrosztatikus permetezés, környezetvédelem, vegyszertakarékos növényvédelem

BEVEZETÉS

Az emberiség egyre növekvő élelmiszerszükséglete és a szélsőséges klimatikus viszonyok által is romló termésbiztonság miatt valószínűleg még sokáig szükség lesz vegyszeres növényvédelemre. A növényvédelmi eljárások folyamatosan változnak, de a permetezés alapfeladata változatlan maradt: a megfelelő hatóanyagot megfelelő időben, mennyiségben és eloszlásban kell a célfelületre kijuttatni. Ma már azonban a fenntartható fejlődés elvének megfelelően a növényvédelem követelményrendszere átalakult: a lehető legkisebb környezeti terhelést okozva, csak a kártevők meghatározott számú egyedének elpusztításához, a betegségek elterjedésének megakadályozásához szükséges minimális mennyiségű hatóanyagot juttassunk ki a környezetbe. A korszerű kijuttatás-technikai eszközökkel a hagyományos kijuttatási módokhoz képest esetenként 30-50 % vegyszer is megtakarítható. A környezetkímélő üzemmód, a jelentős növényvédő szer és egyéb költség megtakarítás ellenére azonban az tapasztalható, hogy a korszerű, vegyszertakarékos, környezetkímélő növényvédelmi technológiák a hazai gyakorlatban széleskörűen nem terjedtek el. A téma jelentőségét látva a Szolnoki Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Fakultásán már közel két évtizede megkezdtük a korszerű, környezetkímélő növényvédelmi technológiák elterjesztését megalapozó vizsgálatokat.

Legutóbb a T-042594 számú, „A növényvédő szer kijuttatás csökkentésének alkalmazástechnikai lehetőségei” című OTKA pályázat keretében 4 évig végzünk vizsgálatokat különböző kialakítású hazai és külföldi gyártású permetezőgépekkel.

A kutatómunka célkitűzése: az adott szabadtéri körülmények között alkalmazástechnikai szempontból jelentős célfelületi permet-lerakódási különbséget eredményező technológiák feltárásával elősegíteni a vegyszertakarékos, környezetkímélő növényvédelmi technológiák hazai elterjedését.

1. A VIZSGÁLATI ANYAG ÉS MÓDSZER

A projekt keretében több hazai gyártmányú ültetvény-permetezőgép munkáját is összehasonlítottuk hasonló üzemeltetési paraméterek mellett és szintén hasonló kijuttatási körülmények között.

A projektünkben a vizsgálatokat az FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézetének az ültetvény-permetezőgépek munkaminőségi vizsgálatára vonatkozó házi szabványai szerint végeztük.

A permet-fedettségi vizsgálatok menete:

- vizsgálati körülmények rögzítése,
- a vizsgált gépek bemutatása,
- a célfelület, ültetvény leírása,
- a gépbeállítási paraméterek rögzítése,
- a vízérzékeny tesztlapok kihelyezése,
- permetezési munkaművelet elvégzése,
- a tesztpapírok begyűjtése,
- a fedettségi jellemzők meghatározása,
- a vizsgálati eredmények értékelése.

A vizsgálati körülmények rögzítésére az eredmények reprodukálhatósága, értékelése és ellenőrzése miatt is szükség van. A fedettségi és anyaglerakódási vizsgálatokhoz az ültetvényjellemzőkhöz illeszkedve több lombkorona szektorból szükséges reprezentatív levélmintákat ill. a megfelelően kihelyezett vízérzékeny tesztlapokat begyűjtjük. A levél és papírminták alapján meghatározható anyaglerakódási és fedettségi vizsgálatok is az FVM MGI-ben lettek elvégezve.

2. A PROJEKT KERETÉBEN VÉGZETT VIZSGÁLATOK NÉHÁNY JELLEMZŐ EREDMÉNYE

A vizsgálatok során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy az ültetvényekben elterjedten alkalmazott axiálventillátoros permetezőgépekhez képest valamilyen technikai újdonságot alkalmazó gépek nyújtanak-e lehetőséget a növényvédő szer megtakarításra. Ha kevesebb hatóanyag kijuttatással is megvalósítható az elvárt hatóanyag lerakódás vagy fedettség, akkor lehetőség nyílik a gyakorlatban a csökkentett hatóanyag dózissal történő permetezésre.

A növényvédelmi alkalmazástechnikai vizsgálatokat továbbra is változó vizsgálati körülmények között különféle korszerű vegyszertakarékos permetezőgépekkel végeztük.

2.1. Fedettségi vizsgálatok végzése alma gyümölcsön

A korszerű növényvédő gépek hazai elterjesztését a múltban elsősorban a hazánkban elterjedten alkalmazott axiálventillátoros ültetvénypermetező gépek és pneumatikus porlasztásos, elektrosztatikus cseppfeltöltő rendszerrel is ellátott permetező gépek munkaminőségi jellemzőinek vizsgálatával alapoztuk meg. A korábbi vizsgálatok a tesztlapok és begyűjtött levélminták alapján meghatározott

fedettségi vizsgálatok voltak, a védekezés időszaka azonban a gyümölcs leszüreteléséig is kiterjedhet. A fedettségi vizsgálatokat ezért alma mintákon is elvégeztük.

A permetezőgépek munkája közötti különbség érzékeltetésére fluoreszcens festékanyagot kevertünk a permetlébe és a próbapermetezés után begyűjtött levél- és gyümölcsminták alapján határoztuk meg a fedettséget.

Az elektrosztatikus cseppfeltöltéses permetezés és a hagyományos hidraulikus cseppképzéses technológia alkalmazásának az eredménye az 1 és 2. ábrákon láthatók.



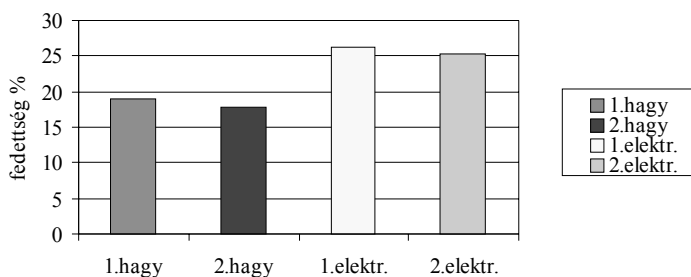
1. ábra A fedettség alakulása alma gyümölcsön hagyományos permetlé kijuttatáskor



2. ábra A fedettség alakulása alma gyümölcsön elektrosztatikus cseppfeltöltéses permetezés esetén

A kijuttatott folyadékdózis elektrosztatikus permetezéskor $300 \text{ dm}^3/\text{ha}$, míg hagyományos kijuttatáskor a gyakorlatban szokásos $1000 \text{ dm}^3/\text{ha}$ volt, aminek eredménye túlfedés az almákon a lombzat külső részén és fedetlenség a lombkorona belsejében.

A 12 lombkorona metszetből vett két-két alma minta sorozaton meghatározott fedettségi értékek átlaga a 3. ábrán látható.



3. ábra Fedettségi értékek alakulása alma gyümölcsön töltés nélküli (hagyományos) és elektrosztatikus cseppfeltöltéses permetezéskor

Az almán meghatározott fedettség értékek 18,5 %-ról 25,8 %-ra változtak az elektrosztatikus cseppfeltöltés hatására. Figyelembe véve, hogy a vizsgálatot még

almaszüret előtt végeztük, a célfelületen meghatározott szignifikáns permetlerakódás-növekedés különösen jelentős.

2.2. Elektrosztatikus cseppfeltöltéses és alagút permetezőgép vizsgálata szőlő ültetvényben

A vizsgálatokba bevont MARTIGNANI B-612 típusú permetezőgép (4. ábra) az elektrosztatikus cseppfeltöltés által tud a hagyományos gépekhez képest nagyobb célfelületi fedettséget elérni, a LIPCO alagút permetezőgép (5. ábra) pedig a felfogó felületeinek segítségével nem engedi elsodródni a permetcseppeket, a felületén összegyűjti azokat és visszajuttatja a permetlé tartályba.

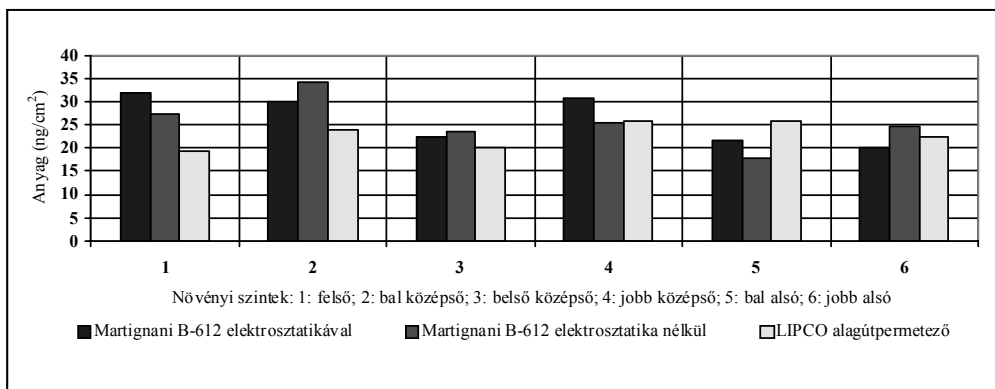


4. ábra. MARTIGNANI B-612 típusú ültetvény permetezőgép



5. ábra. LIPCO gyártmányú egysoros alagút permetezőgép

A 6 lombkorona szektorból származó 10-10 reprezentatív levélminta metszetek szín és fonák oldaláról lemosott, fajlagosan lerakódott jelzőanyag mennyiségét a 6. sz. ábrán láthatjuk.

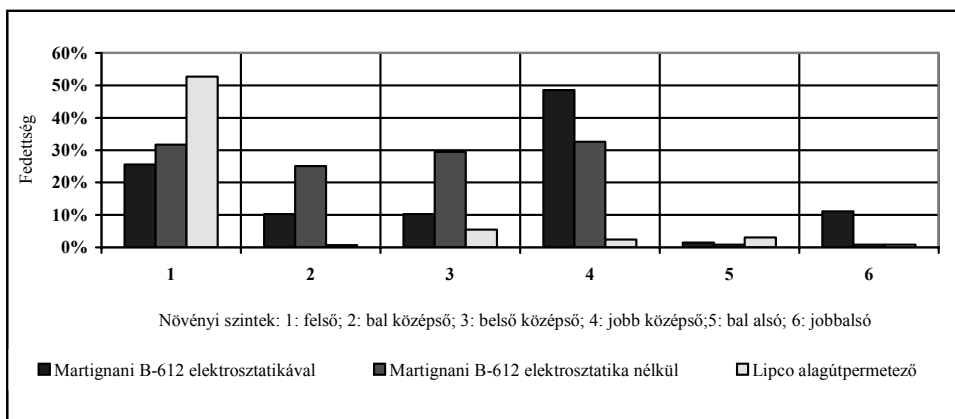


6. ábra Fajlagos célfelületi anyaglerakódás lombkorona szektoronként

A 6. sz. ábra alapján megállapítható, hogy az anyaglerakódás mind a 6 vizsgált lombozati szegmensben mindkét permetezőgép esetében megfelelően egyenletes (18-

34 ng/cm²) volt. Különösen figyelemre méltó, hogy a lombzat belsejében (3. szegmens) is kielégítő mértékű anyaglerakódást mértünk. A Martignani permeterzőgéppel elvégzett munka alacsonyabb permetlé dózissal is jellemzően nagyobb fajlagos célfelületi hatóanyag lerakódást eredményezett.

A fedettség vizsgálati eredményekből a fonákoldali eredményeket részletezve megállapítható, hogy a Martignani géppel, elektrosztatikus cseppfeltöltéssel egy lombkorona szegmens kivételével elérhető volt a min. 10 %-os elvart átlagos fedettség, míg a LIPCO alagút permeterző gép esetén csak a lombzat felső szintjén (7. ábra).



7. ábra Fedettségi értékek lombkorona szegmensenként a levelek fonák oldalán

A magasabb fonákoldali fedettség azért is jelentős, mert a kórokozók és kártevők jellemzően a levelek fonákoldalán fordulnak elő. A szín/fonák fedettségi arányok a Martignani permeterzőgépnél az alsó lombkorona szint kivételével 1 alatt maradtak, ami kivételesen kiváló érték, a LIPCO permeterző gép esetén viszont jellemzően meghaladták a 2-es értéket, mely csak közepes szintnek felel meg.

2.3. Növényvédő szer megtakarítási lehetőségek növényérzékelő alkalmazásával

A gyakorlatban a gyümölcs ültetvényekben sokszor tapasztalható, hogy egyes fák kipusztultak, hiányos az ültetvény ill. a fiatal ültetvényeknek nem záródik a lombja. A növényvédelmi munkáknál azonban folyamatosan permeterzünk, feleslegesen is kijuttatjuk a környezetbe a hatóanyagot. Ennek elkerülésére szolgálnak a növényérzékelők. A következőkben egy növényérzékelővel ellátott és egy hagyományos ültetvénypermeterző néhány munkaminőségi vizsgálati ill. permetlé megtakarítási vizsgálati eredményeit mutatjuk be. A vizsgálatba bevont gépek az 8. és 9. ábrán láthatók.



8. ábra KERTITOX BORA
növényérzékelővel felszerelt
axiálventillátoros permetezőgép



9. ábra VULCANO
axiálventilátoros permetezőgép

A vizsgálat során a gépek működtetésénél alkalmazott beállítási értékeket az 1. táblázatban foglaltuk össze. A munkaminőségi vizsgálatokat a KERTITOX BORA permetezőgéppel a növényérzékelő berendezés működtetésével és kikapcsolásával is elvégeztük.

Géptípus	Munkasebesség (km/h)	Üzemi nyomás (bar)	Működő fűvókák száma és jelölése (db, szín)	Folyadék dózis (dm ³ /ha)
KERTITOX BORA	7,0	25,0	10 sárga	230
VULCANO	8,0	16	4 sárga 6 piros	245

1. táblázat A gépek beállítási adatai

2.3.1. Néhány fedettségi jellemző összehasonlítása

A fedettségi vizsgálatok elvégzése azért szükséges, mert a növényérzékelővel történő kísérletekben a megtakarítás csak hasonló fedettségi ill. permet-lerakódási értékek mellett értelmezhető.

A fedettségi vizsgálatok megállapításai

A kapott vizsgálati eredmények alapján kiemelendő, hogy az ültevény permetezéskor szokásosan alkalmazottnál jóval alacsonyabb, 250 dm³/ha körüli folyadékdózissal elvégzett permetezéskor is megfelelő volt a KERTITOX BORA permetezőgép esetén a fonákoldali fedettség

Az 1,00 körüli szín-fonák fedettségi arányok kiválónak minősíthetők a KERTITOX BORA géppel, növényérzékelő nélkül végzett permetezés azonban a lombkorona alsó szintjén túlfedettséget eredményezett

A vizsgálati eredményekből szintén megállapítható, hogy a fajlagos cseppszám értékek a KERTITOX BORA permetezőgéppel végzett permetezéskor minden esetben jóval meghaladták a fungicidek kijuttatásakor minimálisan elvárható 50-70 csepp/cm² értéket.

2.3.2. Az elérhető permetlé megtakarítás ellenőrzésének eredményei

A vizsgálatok alatt adott mennyiségű permetlével feltöltött tartályokból kipermeteztük a permetlevet és a célállományban az adott sorban lemértük a védett állomány hosszát.

KERTITOX BORA permetezőgéppel működtetett és kikapcsolt növényérzékelő berendezéssel, azonos üzemeltetési jellemzőkkel végzett folyadék megtakarítás vizsgálat eredményeit a 2. táblázatban foglaltuk össze.

Géptípus	Működési mód	Ültetvény	Fajlagos folyadék felhasználás (dm ³ /ha)	Megtakarítás (dm ³ /ha)	Megtakarítás (%)
KERTITOX BORA	Növ. érzékelő kikapcsolva	2 éves cseresznye	234	0	0
KERTITOX BORA	Növ. érzékelő kikapcsolva	3 éves cseresznye	175	0	0
KERTITOX BORA	Növ. érzékelő bekapcsolva	2 éves cseresznye	154	80	34,2
KERTITOX BORA	Növ. érzékelő bekapcsolva	3 éves cseresznye	132	43	24,6
VULCANO	Növ. érzékelő nélkül	3 éves cseresznye	212	-	-

2. táblázat A permetlé megtakarítási vizsgálat eredményei

Az eredményekből kitűnik, hogy a növényérzékelő működtetésével a lényegesen kisebb lombozatú 2 éves ültetvényben a permetlé megtakarítás 34,2 % volt. Jelentősnek ítéltető a 3 éves ültetvény kezelésénél elért 24,6 %-os megtakarítás is. A védekezések során tehát a fiatalabb gyümölcsösben a permetlé egyharmadát, az idősebb ültetvényben a vegyszer mintegy negyedrészt lehet megtakarítani.

3. VIZSGÁLATI KÖVETKEZTETÉSEK

A növényvédőgép összehasonlító vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a vizsgálatba bevont, hasonló paraméterekkel rendelkező, korszerűbb permetezőgépek közül adott vizsgálati körülmények és gépbeállítási paraméterek mellett kedvezőbb munkaminőségi értékeket biztosítottak, mint a hagyományos kialakítású gépek.

A magasabb fedettségű értékek lehetőséget biztosítanak a csökkentett hatóanyag kijuttatás mellett is az eredményes növényvédelemre. A kijuttatási körülményekhez az ültetvény az időjárási és gépjellemzőkhöz kell illeszteni a gépbeállítási, permetlé

kijuttatási paramétereket.

A vizsgálatok során a fedettségi jellemzők lombkorona szegmensenként jelentős szórást mutattak, amelyek az adott ültetény jellemzőkhöz jobban igazodó beállításokkal csökkenthetők.

A vizsgálatok során a korszerűbb növényvédő gépek alkalmazása esetén tapasztalt nagyobb fedettségi és anyag-lerakódási arányok lehetőséget nyújtanak a permetezési gyakorlatban csökkentett hatóanyag dózis kijuttatás mellett is a növényvédelmi munkák eredményes elvégzésére.

IRODALOM

- [1] Kalmár, Imre – Dimitrievits, György (2005) "Influence of the spraytechnik on the deposit of the spraydrops" Proceedings of the International Scientific Conference; Innovation and utility in the Visegrad Fours, Nyíregyháza, Volume p 529-534
- [2] Kalmár, Imre (2004) "Influence of the plant protection technology on the deposit of the pesticide" IAMFE/RUSSIA Proceedings of 12th World Conference on Mechanization of Field Experiments, Saint-Petersburg, p 241-246
- [3] Kalmár Imre (2005) "A növényvédő szer felhasználás csökkentésének lehetőségei ültetvénypermetezéséskor" XXIX. MTA AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozása, Gödöllő CD kiadvány
- [4] Dimitrievits Gy. – Gulyás Z. – Kovács L. – Kalmár I. (2006) "Anyagtakarékos permetezőgépek vizsgálatának eredményei" XXX. MTA AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozása, Gödöllő p 25-29
- [5] Kalmár Imre (2008) "Növényvédőszer megtakarítás új növényvédelmi technikai módszerek alkalmazásával" XXXII. MTA AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozása, Gödöllő CD kiadvány
- [6] Kalmár, Imre (2008) "Experiments with plant sensor on pesticide reduction in cherry plantation" IAMFE/DENMARK Proceedings of 13th World Conference on Mechanization of Field Experiments
- [7] Kalmár Imre – Dimitrievits György – Gulyás Zoltán (2008): A csökkentett mennyiségű hatóanyag kijuttatás néhány permetezéstechnikai lehetősége. V. Alföldi Tudományos Tájégozálkodási Napok, Mezőtúr. CD kiadvány

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE POSSIBILITIES TO REDUCE PESTICIDES BY USING DIFFERENT TECHNICAL SPRAYING METHODS

We started to make experiments five years ago with different types of Hungarian and import sprayers in the frame of OTKA project. The project number is T-042594, title is „The possibilities of reduction of pesticides by spraytechnology”. Test results in plantations proved the advantages of using of new technology methods compared to the using of traditional sprayers. The modern technics resulted more favourable pesticide deposition on the leaves next to application of same quantity of pesticides than traditional sprayers. The coverage was proper when we reduced doses of spray so we could work with less quantity of pesticide.

ÚJ ÉPÍTŐANYAG FEJLESZTÉSE BÚZASZALMA FELHASZNÁLÁSÁVAL

VICZIÁN Csaba – CSIZMAZIA Zoltán – KOVÁCS Imre PhD

DE-Műszaki Kar, 4028 Debrecen Ótmető utca 2-4., viczian.csaba@gmail.com
DE-Mezőgazdaságtudományi Kar, 4032 Debrecen Böszörményi út 138., csizmazia@agr.unideb.hu
DE-Műszaki Kar, 4028 Debrecen Ótmető utca 2-4., dr.kovacs.imre@gmail.com

KIVONAT

Napjainkban Magyarországon jelentős mennyiségű mezőgazdasági melléktermék (másodlagos nyersanyag) keletkezik, melynek nagy része semmilyen formában sem kerül újrahasznosításra. Kutatásaink a másodlagos nyersanyagok közül a búzaszalma cementbázisú kompozitokban történő újrahasznosítási lehetőségeire irányulnak. Vizsgálatokat végzünk a kompozit nyomószilárdságára és hőszigetelő képességére vonatkozóan különböző búzaszalma tartalom mellett. Célunk olyan természetes alapanyagból készülő építőanyag fejlesztése, mely megfelel az egyre szigorodó hőtechnikai követelményeknek.

Kulcsszavak: mezőgazdasági melléktermék, búzaszalma, nyomószilárdság, hővezetési ellenállás.

1. BEVEZETÉS

Külföldi és hazai kutatási programok eredményei is igazolják, hogy a mezőgazdaságban keletkező melléktermékek alkalmasak lehetnek új építőanyagok kifejlesztésére. A mezőgazdaság által melléktermékként kibocsátott szalmaszalma anyagok/rostok (gabona szalma, kukorica szár, csutka stb.) gyakorlatilag használatra kész állapotban, nagy mennyiségben állnak rendelkezésre. A magyar mezőgazdaság, szűkebben az Észak-Alföldi Régió mezőgazdasági adottságaihoz igazodva kísérleti programot dolgoztunk ki, melynek elemeit, paramétereit, valamint az előkísérletek eredményeit ismertetjük.

2. A BÚZASZALMA MINT ÉPÍTŐIPARI ALAPANYAG

A mezőgazdasági melléktermékek közül, melyekből Magyarországon is millió tonnákban mérhető mennyiség keletkezik (1. táblázat), a búzaszalma az egyik legígéretesebb alapanyag építőipari alkalmazás szempontjából.

A szalma építőipari hasznosítására évezredek óta sor kerül, melyet régészeti leletek és írásos emlékek is igazolnak. Még a Bibliában is találunk erre utalást, a zsidó nép egyiptomi fogságának leírásában:

„Ne gyűjtsetek a népnek szalmát a téglavetéshez, mint korábban. Hadd menjenek ők maguk, és szedjenek maguknak szalmát!”

(2 Mózes 5:7., Új világ fordítás)

Melléktermék	Szalma (bálás)	Kukoricaszár	Kukorica csutka	Napraforgó szár	Nyesedék venyige	Fa hulladék
Keletkező mennyiség [10 ⁶ tonna/év]	4,5-7,5	10,0-13,0	1,0-2,0	0,4-1,0	1,0-1,5	1,0-1,5

1. táblázat Mező- és erdőgazdasági melléktermékek mennyisége (2007 KSH adatok)

Magyarországon az utóbbi években a keletkező szalma mennyiségének csak megközelítőleg 60%-át takarították be valamilyen formában, a többi a tarlón elégetésre, vagy beszántásra került [1]. A búzaszalma fő felhasználási területei:

- almozás
- takarmányozás
- ipari felhasználás (cellulózgyártás)
- energiatermelés (szalmatüzelésű erőművek).

A búzaszalma építőipari felhasználás szempontjából előnyös tulajdonságokkal rendelkezik. Folyamatosan újratermelődő melléktermék, mely minden régióban megtalálható, és gyakorlatilag felhasználásra kész állapotban áll rendelkezésre. Hővezetési tényezője kiváló, értéke $\lambda=0,045$ W/mk [2].

3. KÍSÉRLEI PROGRAM

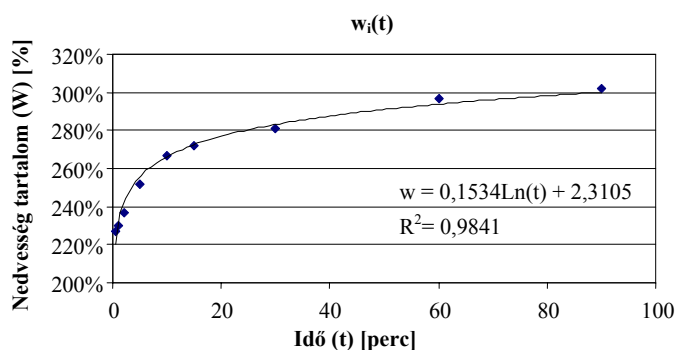
A nemzetközi gyakorlatban széles körben elterjedt építőipari célú mezőgazdasági melléktermékek felhasználásának sikerére való tekintettel, a hazai agrárium adta lehetőségeknek megfelelően kísérleti programot állítottunk össze. Előkísérleteink célja a szalma viselkedésének vizsgálata cementbázisú közegben. További kísérleteinknek olyan építőanyagok ill. építőelemek kialakítása a célja, melyek az egyre fokozódó energiafelhasználás csökkentésére, valamint teherhordó szerkezetek gyártására is alkalmasak.

3.1. Előkísérletek

Előkísérleteinkben vizsgáltuk az ásványosított és aprított szalma (1. kép) halmazűrűségét. A tömörítetlen szalma halmazsűrűsége 0,049 g/ml, a tömörített szalma halmazsűrűsége 0,155 g/ml értékre adódott. A tömörített szalma halmazsűrűsége 3,15-szöröse a tömörítetlen halmazsűrűségnek. Vizsgálatokat végeztünk a szalma vízfelvételére vonatkozóan (1. ábra), mert a szalma vízfelvétele befolyásolja a cementbázisú kompozitban a cementpéphez szükséges keverővíz mennyiségét. A szalma vízfelvétele jelentősnek mondható, saját tömegének 3-szorosát képes felvenni.



1. kép Ásványosított és aprított szalma



1. ábra Szalma vízfelvétele az idő függvényében

Próbakeveréseket végeztünk az ásványosított és aprított szalma felhasználásával. A keverék vázszerkezetét 50 térfogat %-ban szalma képezte, melyhez cementet és vizet adagoltunk. Az összetevők a 2. képen láthatók. A keverővíz mennyiségének meghatározásánál figyelembe kellett venni, hogy a szalma-apríték vízfelvételéhez és a cement hidratációjához szükséges vízmennyiséget egyaránt biztosítani kell.



2. kép Összetevők keverés előtt

A próbakeverések során a keverés menetét a szálerősítésű kompozitoknál megszokott keverési technológiához igazítottuk. A szalma-aprítékot és a cementet a keverés első fázisában szárazon kevertük át, majd a száraz keverékhez adagoltuk a kiszámított vízmennyiséget. Az összetevők egyenletes eloszlása ezzel a módszerrel érhető el a leghatékonyabban. A próbakeverések eredményeként egyenletes eloszlású, konzisztenciáját tekintve kezelhető, könnyen bedolgozható keveréket kaptunk, melyből tömörítés nélkül 150 mm élhosszúságú nyomószilárdság vizsgálathoz szükséges, és 300x300x100 mm-es hővezetési tényező méréséhez szükséges próbatesteket készítettünk (3. kép).



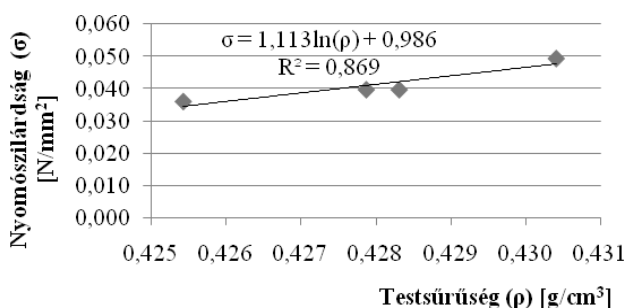
3. kép Elkészült próbatestek

3.2. Előkísérletek eredményei

A szárítószekrényben 40°C-os hőmérsékleten szárított próbatesteket nyomószilárdsági vizsgálatoknak vetettük alá. A nyomószilárdsági vizsgálatokhoz ELE ADR Auto 3000 típusú 3000kN teherbírású törőgépet alkalmaztuk. A vizsgálati eredményeket a 2. táblázat foglalja össze. A nyomószilárdsági vizsgálati eredményekből megállapítható, hogy a kompozit nyomószilárdsága nem haladja meg a 0,04 N/mm² értéket. A nyomószilárdság növelése érdekében további vizsgálatokra van szükség. Az anyag testsűrűsége és nyomószilárdsága közötti összefüggést mutatja a 2. ábra.

Jel	Geometriai méretek [mm]			Nyomóerő F [N]	Tömeg [g]	Testsűrűség [g/cm ³]	Nyomó-szilárdság [N/mm ²]
	a	b	c				
1	150,1	150,3	149,8	900	1446	0,428	0,040
2	150	147,1	149,3	880	1411	0,428	0,040
3	148,9	149,1	148,5	1100	1419	0,430	0,050
4	150	147,2	148,4	800	1394	0,425	0,036
átlag						0,428	0,041
szórás						0,002	0,006

2. táblázat Nyomószilárdsági vizsgálat eredményei 50V% szalmatartalom mellett



2. ábra: Testsűrűség és nyomószilárdság közötti összefüggés

A hővezető képesség meghatározásához Holometrix Lambda 2000 típusú sorozat hőáram-mérő berendezést alkalmaztunk (4. kép). A hővezető képességet a berendezés ASTM 518 és az ISO 8301 szabvány előírásainak megfelelően méri. A mérés során a mintát a berendezés mérőterében két lap közé helyezzük, majd hőmérséklet különbséget létesítünk a mintán keresztül a lapok eltérő hőmérsékletűre fűtésével (hűtésével). A hőegyensúly beálltakor a vizsgáló térben a mintán kialakult hőmérséklet különbség állandósul, egyidőben a készülék meghatározza a mintadarab hővezető képességét. Vizsgálatainkat két eltérő hőmérséklet-intervallumban végeztük, 20 °C hőmérsékletkülönbség mellett. A 3. táblázat bemutatja a hővezető képesség mérés eredményeit a különböző hőmérsékletek és hőáramok mellett. Az anyag mért hővezetési tényezője 0,15-0,21 W/mK értékek között váltakozott.



4. kép Hővezető képesség mérésére szolgáló berendezés mérés közben

Mérés jele	Felső mérőlap beállított hőmérséklete [°C]	Alsó mérőlap beállított hőmérséklete [°C]	Mérőlapok beállított hőmérsékletének átlaga	Hővezető képesség (λ) [W/mK]
1	37,5	12,5	25	0,148
2	37,5	12,5	25	0,154
3	20	0	10	0,203
4	20	0	10	0,212

3. táblázat Hővezető képesség mérés eredményei

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Hazai viszonylatban a búzaszalma az a mezőgazdasági melléktermék, mely potenciálisan szóba jöhet építőipari alapanyagként. Napjainkban Magyarországon az évente keletkező búzaszalma mennyiségének közel egyharmadát nem hasznosítják. Ez a mennyiségű (~2,0 millió tonna) melléktermék kiváló fizikai tulajdonságokkal

rendelkező és elsősorban rendkívül olcsó alapanyagot jelenthet építőipari felhasználás esetén. Nemzetközi példák (pl. StrawJet Projekt) bizonyítják, hogy szalmából gazdaságos, kis beépített energiával rendelkező, környezetbarát építőanyagok állíthatók elő [3]. Eddigi kutatásaink eredményei azt mutatják, hogy az ásványosított búzaszalma mint természetes szálal anyag, cementbázisú kompozitokban alkalmazható. A szalma speciális aprítása, elkerülve a szalmaszálak szálirányú széthasadását, hozzájárulhat az anyag nyomószilárdságának és hőszigetelő képességének növekedéséhez. A Debreceni Egyetem Műszaki Karán folytatott jövőbeni kutatásaink célja a környezettudatos energiafelhasználás szem előtt tartása mellett, elsősorban búzaszalma felhasználásával versenyképes építőanyagok kifejlesztése.

6. IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Dr. Barótfi I., 2000. Biomassza energetikai hasznosítása, 1.5 fejezet, Mezőgazda Kiadó
- [2] Dr. Kalmár F., Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs E., Kalmár T., 2008. Hőszigetelő építőanyagok gyártására alkalmas alapanyagok kifejlesztése mezőgazdasági melléktermékek felhasználásával, Tanulmány.
- [3] Viczián Cs., Kovács J., Dr. Kovács I., 2008. Mezőgazdasági melléktermékek újrahasznosítása kompozit építőanyagokban, 14th „Building Services, Mechanical and Building Industry days” Konferencia kiadvány, Debreceni Egyetem.

THE DEVELOPMENT OF A NEW BUILDING MATERIAL WITH THE USE OF WHEAT STRAW

The use of randomly oriented, short natural fibres to improve the physical properties of a matrix is an age-old concept. For example, fibres made of straw or horsehair have been used to improve the properties of bricks for thousands of years. Modern day use of fibres in concrete started in the early 1960s. Considering the Hungarian agricultural features, many tons of straw and other natural fibres are available for industrial applications, particularly for building industry. Paper presents the state of the art report of the natural agricultural fibres together with some industrial applications.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Kutatásaink a **HUNÉP Zrt.** támogatásával valósulnak meg. Köszönet a **NÁDÉP-FABETON Kft.-nek**, **Zsíros János** ügyvezető igazgató Úrnak, és **Szedes Attila** termékmenedzsernek. Külön köszönet **Nagy Imrénnek**, aki rendelkezésünkre bocsátotta bálaaprító gépét. Köszönet mindazoknak, akik ötleteikkel segítik kutatásainkat.

HÁROMFÁZISÚ TALAJOK TALAJNEDVESSÉGÉNEK JELLEMZÉSE ÉS VÍZHÁZTARTÁSI GÖRBÉJE

ANTAL Eleonóra – TELEKES Gábor

BEVEZETÉS

Földünkön található víz egységes egészet képez és minden életfolyamatnak alapfeltétele. A Földünket benépesítő valamennyi élő szervezet alapvető, összetevő része. Egyaránt alkotó részét képezi a kőzetnek, talajnak és levegőnek. A földi vízkészlet felszín alatti részét lehet a legkevésbé megbecsülni, azonban ez a felszín alatti vízmennyiség mégis meghaladja a tavak, folyók, az élővilág és az atmoszféra együttes víztömegét. A földrajzi burokokban betöltött szerepe jelentős, hiszen különböző mértékben mindenhol rendelkezésre áll a természeti folyamatoknak, valamint igénybe vehető és elérhető a társadalom számára is. A felszín alatti vizeket több szempont szerint osztályozhatjuk, azonban az biztos, hogy különböző formában és különböző mennyiségben vannak jelen. Egyik ilyen megjelenési formája a talajnedvesség.

A TALAJNEDVESSÉG

Talajnedvességnek nevezzük a felszín és a talajvíztükör közötti zóna víztartalmát, a talajvízszint feletti tartományban. Fontosabb csoportjai:

A kristályvíz, mely a kristályszerkezetbe beépülő vízmolekulákból áll. Különösen az agyagásványok esetén van jelentőségük. Beépülése az agyag duzzadásával jár. Mivel a kristályokból csak a felszín közelében 270 – 500 °C között távozik, ezért jelenléte viszonylag állandó, és így a víz körforgásából hosszú időre kiesik.

Erősen kötött vízburok, vagy adszorbeált víz a talajszemcsék felületén jelentkező olyan vízhártya, mely molekuláris, ill. ozmotikus erők hatására megtapad, és 100 molekula átmérőnél nem vastagabb. A szemcsékre nagy erővel tapad, csak erős szívóhatás képes annak felületéről leválasztani. Ha a talajban erősen kötött víz van, az teljesen száraznak tűnik. Az ilyen vizet a növényzet sem képes felhasználni, számára ez holtvíz.

Adhéziós víz egy része laza hártát képez a szemcsék körül. Vastagsága ezer molekulaátmérő is lehet, így tapadása jóval kisebb. Másik része függővíz formájában van jelen a pórusok szögletében. Mozgását a nehézségi erő és az emelő hatású kapilláris erő befolyásolja. Ennek egy részét már a növények is tudják hasznosítani. A pórusszögletvíz átmenetet jelent a kapilláris víz felé.

A kapilláris víz közvetlenül a talajvíz tükre felett helyezkedik el. Felületi felszűrés következtében alakul ki, megemelve a talajvíz szintjét. A talajvízből a kapilláris hézagokba felemelkedő víz bizonyos magasságig, továbbra is telített zónát hoz létre. A változó keresztmetszetű hézagokban viszont a víz nem egyformán emelkedik, mert egyre több légzárvány kerül bele, így a talajvíz fölött közvetlenül kialakul egy zárt kapilláris zóna, majd e fölött pedig egy nyílt kapilláris zóna. A térszíntől a zárt kapilláris zónáig beszélünk háromfázisú talajról.

A talajnedvességnek ezen csoportjai különböző mennyiségben vannak jelen a talajban. A mennyiségeket több tényező befolyásolja. Lényeges, hogy mennyi a felszínre hulló csapadékvíz, annak hányad része folyik el a felszínen, párolog el, illetve szivárog a

talajba. Ezeket a tényezőket a talaj állapota és tulajdonsága határozza meg, valamint azt is, hogy a beszívargás során mennyi nedvesség jut el a talajvízig vagy mennyi tud raktározódni a talajban. A tározódott rész a növényállomány szempontjából jelentős fontosságú, mivel számukra ez a ténylegesen felvehető és hasznosítható vízmennyiség. Ezek a folyamatok bizonyos mértékig irányíthatók is, például meliorációs és mezőgazdasági vízgazdálkodási beavatkozásokkal. Ehhez ismerni kell a talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságait. Ezen tulajdonságok közül a legjelentősebb a talajnedvesség energiaállapota. (1)

A TALAJNEDVESSÉG ENERGIAÁLLAPOTA ÉS VÍZGAZDÁLKODÁSI PARAMÉTEREK

A talajnedvesség energiaállapota alatt azt értjük, hogy a talaj nedvességtartalmának mely hányada, milyen erők hatása alatt áll, és mekkora erővel kötődik a talaj szilárd fázisainak elemeihez, szemcséihez. A talajban levő vízre három erő hat: a gravitációs erő, a kapilláris erő és a szorpciós erő.

A talajnedvesség energiaállapotának összefüggéseit és elméletének alapjait BUCKINGHAM rakta le 1907 – ben. GARDNER, mint hasznos munkamennyiséget értelmezte a talajnedvesség potenciáját. Szerinte a talajnedvesség potenciálja az a hasznos munkamennyiség, amely a talajban egységnyi tömegű tiszta víz eltávolításához, és annak egységnyi távolságra való elmozdításához szükséges. Ez a munka hidrosztatikai nyomáskülönbségeként is kifejezhető. A definíció ma is érvényes.

A talajnedvesség összpoteenciálja (Ψ_t) a gravitációs potenciál (Ψ_g), a nyomáspotenciál (Ψ_p), a mátrixpotenciál (Ψ_m) és az ozmózipotenciál (Ψ_s) összege.

$$\Psi_t = \Psi_g + \Psi_p + \Psi_m + \Psi_s$$

A nyomáspotenciál a levegő-víz határfelületei között adódó hidrosztatikus nyomáskülönbség. Az ozmózipotenciál az oldható sók, és az adszorbeált ionok hatását fejezi ki. A mátrixpotenciál a szilárd fázis hatását fejezi ki, ahol szerepet játszik a kapilláris potenciál, a szorpciós erők hatását kifejező potenciál és az adhéziós potenciál. (2)

Ebben az alapegyenletben egyszerűsítések miatt a talajnedvesség energiaállapota jellemezhető a mátrixpotenciál mértékével. SCHOFIELD (1948) bevezette a pF fogalmát, vagyis a cm vízoszlopban kifejezett szívóerő tízes alapú logaritmusának kitevőjét, és ezt elnevezte pF – nek ($pF = a \Psi_m$ vízoszlop – cm – ben kifejezett értékének logaritmus). 1 bar szívóerő értéke – 1000 cm vízoszlop – $pF = 3$. A pF – görbe értékét többen vizsgálták a víztartalom függvényében. Különböző típusú talajoknál kísérletek alapján felrajzolható a pF - görbe, a talaj nedvességtartalmának és a talajnedvesség szívóerejének meghatározásával. (3)

A pF görbe vízgazdálkodási paraméterei: (1. ábra)

Teljes vízkapacitás: A talaj induló nedvességtartalma teljes telítettség esetén (VK_t)

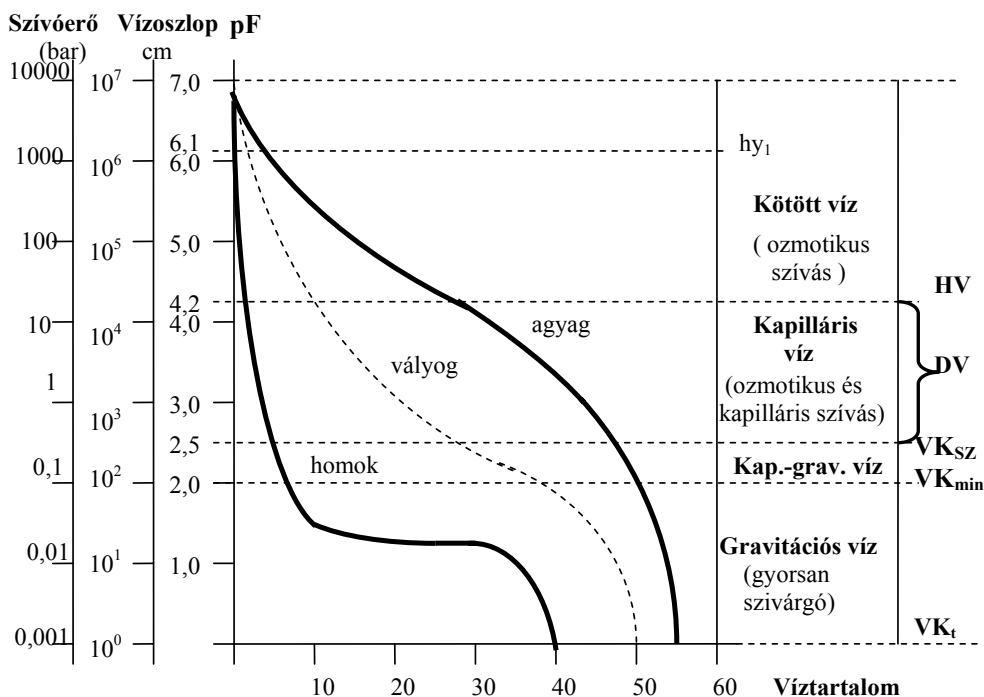
Minimális vízkapacitás: A talaj pórusaiban visszatartott víz mennyisége. A talajszelvényben már nem érvényesül a kapillaritás jelensége. Minimális vízkapacitással rendelkezik pl. a „talajvíz-áteresztő” zóna. (VK_{min})

Szabadföldi vízkapacitás: (Szántóföldi vízkapacitás) Az a vízmennyiség, amelyet a talaj természetes állapotában képes elraktározni a felszínére jutó vízmennyiségből, illetve visszatartani a gravitáció ellenében. A kedvezőtlen, levegőtlen talajviszonyok megszűnnek, a növények számára rendelkezésre áll a gyökérlégzéshez szükséges levegő is, vagyis optimális a talajállapot. (VK_{sz})

Holtvíztartalom: Az a nedvességtartalom, melynél a növényen a tartós hervadás jelei figyelhetők meg. Ez a víztartalom a növények számára felvehetetlen az adhéziós erők, a kötött víz miatt. (HV)

Hasznosítható vízkészlet: (Diszpinibilis víz) Felső határát a szabadföldi vízkapacitás adja, alsó határát a holtvíztartalom jelzi. Ez az a vízmennyiség, amit a növények felvehetnek a talajból és hasznosítani is tudnak. (DV)

Higroszkóposág : Laboratóriumi körülmények között a talaj teljesen kiszárítható (24 óra, 105°C) . Ha azonnal lemérjük tömegét, majd egy bizonyos idő elteltével szintén megmérjük, akkor a léghőből felvehető vízhányadot a tömeg növekedéséből meg lehet határozni. A léghőből megkötött vízhányadot nevezzük higroszkópos víznek.



1. ábra
Jellemző vízgazdálkodási görbék
A VÍZGAZDÁLKODÁSI GÖRBE
ÉS A NÖVÉNYEK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉS

A növényeknek igen fontos szerepük van a Földünkön működő hidrológiai körfolyamatban. Életfunkciójukhoz szükséges vízmennyiséget és tápanyagot a gyökereken és leveleken keresztül vesznek fel, és transpirációjuk révén növelik a légköri vízpárát. Vízháztartásukat a vízfelvétel és vízleadás határozza meg, ami hozzájárul a dinamikus egyensúly fenntartásához. Párologtató képességük függ a növény fajtájától, fejlettségi fokától, időjárási viszonyoktól, de nem utolsósorban a rendelkezésre álló vízmennyiségtől. Ezt a vízmennyiséget felveheti a levélzet útján, de főbb vízfelvételi forrása a talajból történik. Ebből a szempontból a gyökérzetnek igen jelentős szerepe van. A növények gyökerei a talajvíz után mennek, és a kapilláris zónát átszöve egyenletesen termelik ki a nedvességtartalmat.

Sajátos tulajdonsága a növényeknek, hogy csak hajszálgyökereik csúcsán veszik fel a szükséges vízmennyiséget. Fontos az is, hogy ezek a hajszálgyökerek viszont ne kerüljenek tartósan víz alá sem, mert károsodás nélkül ezt nem bírják ki. Érzékenyek a talaj levegőtleniségével szemben, mivel a gyökerek oxigénigénye magas. A hajszálgyökerek élettartama azonban nem haladja meg a 24 órát. Ott ahol elhalnak a hajszálgyökerek, már nem nőnek újak, a gyökér kérge elfásodik, és megszűnik a víz behatolása. A gyökerek által szívott vízmennyiség lecsökken. A növények gyökérzete azonban igen különböző mértékben fejlődik. A felső szakaszon kevesebb nagyobb gyökér, lefelé haladva több kisebb gyökér helyezkedik el. Eltérő az egyes növényeknek a gyökérmélysége is. Példaképpen az 1. számú táblázat tartalmazza egyes növényeknél a gyökérmélység maximális értékét.

Növény megnevezése	Gyökérzet maximális mélysége (cm)
Korai burgonya	120
Paradicsom	150
Kalászosok	150 – 200
Cékla	320
Lucerna	300 – 400
Fák, bokrok	1600 – 2000

1. táblázat

A növények számára felvehető hasznosítható vízkészlet felső határa a szabadföldi vízkapacitás (1/3 bar), alsó határa a holtvíztartalom (15 bar). A kettő között érvényesül a kapillaritás jelensége, ami optimális vízfelvételt jelent a növények számára. Ha viszont a pF értéke = 7, itt már csak a kötött víz van jelen, ami igen erősen kötődik a talajszemcsékhez. Mivel telítetlen talajokban a pórusvíz – és a levegőnyomás nem egyenlő, a két érték különbségét nevezzük szívásnak, ami a gyökérzetnél két részre bontható: kapilláris és ozmotikus szívásra, és általában egyszerre jelentkeznek. Az ozmotikus szívás a kémiai tisztaság és az oldatok közötti feszültségkülönbség, ami alig függ a víztartalomtól. Ha a gravitációs víz olyan mélyen van, hogy a növénynek a kapilláris zónából nincs lehetősége vízfelvételre, csak az ozmotikus szívás van jelen. A

gyökérzet szívóereje fajtánként különböző és emberi beavatkozással is módosítható. A nitrogén műtrágya például csökkenti, a foszfor viszont jelentősen növeli ezt a szívóerőt. Ahhoz, hogy a növénytermesztésben megfelelő eredményt érjünk el, össze kell vetni a talajok vízgazdálkodási paramétereit a gyökérzet szívóerejével. (4)

ÖSSZEFOGLALÁS

A vízháztartási görbék szemléletesen ábrázolják a szemcsékhez különböző erőkkel kötődő víz – és levegő mennyiségét, valamint egymáshoz viszonyított arányát a talaj háromfázisú rendszerében. Ezek a pF – görbék felhasználhatók a talajok vízgazdálkodásának jellemzésére, és ebből kifolyólag a megfelelő mesterséges szabályozást is lehetővé teszik. Segítséget nyújt egy adott talajréteg, területegység vízgazdálkodási tulajdonságainak, vízháztartásának jellemzéséhez. Napjainkban a mesterséges vízgazdálkodási beavatkozások tervezéséhez és kivitelezéséhez, a korszerű nedvesség – szabályozás megvalósításához szükségessé vált a talajok vízgazdálkodási tulajdonságait tükröző vízháztartási görbék ismerete. Ma már több megfelelő mérési technika létezik a különböző összetételű talajok pF – görbéinek előállítására. Természetesen a telítetlen talajok mérnöki problémáit a feszültségi állapotváltozókkal együtt kell vizsgálni, különös tekintettel az árvízvédelmi töltésekre, amit szintén háromfázisú talajként veszünk figyelembe. Ezzel kapcsolatban több részletesebb cikk is megjelent. (5,6)

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] www.bebte.hu/palatinus/vizekrol.htm
- [2] BUZÁS István: Talaj – és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 1., INDA 4231 Kiadó, Budapest, 1993
- [3] JUHÁSZ József: Hidrogeológia, Akadémiai kiadó, Budapest, 2002
- [4] <http://marssoniella.uw.hu/2agrokem.doc>
- [5] Imre E., Czap Z., Telekes G. (1999) Árvízvédelmi töltéseket is alkotó telítetlen talajok feszültségi állapotváltozói, Hidrológiai Közlöny, 4. szám, 197-202. oldal
- [6] Imre E., Czap Z., Telekes G. (2002) Az árvízvédelmi töltések anyagát alkotó talajok fizikai egyenletei, Hidrológiai Közlöny, 5. szám, 257-262. oldal.

CHARACTERIZATION AND WATER BALANCE CURVE OF MOISTURE OF THREE – PHASE SOILS

The water balance curves depict graphically the quantity of water and air shaffing to the granules with various forces, as well as their ratio compared to each other in the three – phase system of the soil. These pF – curves can be for the used characterization of the economy of water supplies of soils and therefore they make the opposite artifical regulation possible too. They help to characterize the quality of the economy of water supplies and water balance of a given layer or region. In our time it has become necessary to know the water balance curves reflecting the quality of the economy of water supplies of soils in order to plan and execute artificial intervention in the economy of water supplies and to execute modern dampness – regulation. Today already several appropriate measurement techniques exist for the production of the pF – curves of the soils of various composition. Naturally, the engineering problems unsaturated soils have to be analysed together with the tension state variables with especial regard to flood – prevention dikes, which are also taken into consideration as three – phase soils. In connection with this several more detailed articles have been published.

NÉGYZETEK TÉGLALAPBA PAKOLÁSÁNAK ÚJ EREDMÉNYEI

MÉSZÁROS Alexandra Éva – OLÁH Béla

Szolnoki Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Fakultás, 5400 Mezőtúr, Petőfi tér 1.
m.alexandraeva@freemail.hu, olahb@mfk.hu

KIVONAT

A téglalapok sűrű pakolásainak szerepe van egyrészt raktározási-, szállítási feladatoknál, másrészt ütemezési kérdéseknél, de elméleti jelentőségű feladatoknál is. Hazánkban többen értek el eredményeket ezen a területen. Számos izgalmas kérdés azonban még felderítetlen maradt. Dolgozatunk célkitűzése, hogy bizonyítsuk az 1×1 , 2×2 , 3×3 , ..., 24×24 -es négyzetek 70×71 -es téglalapba történő elhelyezésének létezését, vagy bizonyítsuk, hogy ilyen tartalmazó téglalap nincs, továbbá még ennél is jobb megoldásokat találjunk. Munkánk során igyekszünk rámutatni az ilyen jellegű feladatok gyakorlati jelentőségére, amely az egységgrakomány-képzés, illetve a rakodási tervek kialakítása során jelentkezik.

Kulcsszavak: Téglalap, Pakolás, Négyzetek, Egységgrakomány-képzés, Rakodási terv.

1. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

1975-ben a *Scientific American*-ben a *Mathematical Games* (Matematikai játékok) rovatában, Martin Gardner megkérdezte az olvasóit, hogy mi az a legkisebb területű téglalap (négyzet), amibe el lehet helyezni egy 1×1 -es négyzetet, egy 2×2 -es négyzetet, és így tovább egészen egy 24×24 -es négyzetig (Gardner 1975). A kérdéskörnek kiterjedt irodalma van. Az érdeklődőknek a dolgozat végén megtalálható hivatkozásokat ajánljuk.

Vegyünk egy 1×1 -es, egy 2×2 -es, ..., egy 24×24 -es négyzetet, ezen négyzetek területének összege 4900, ami 70^2 . Ez az egyetlen nemtriviális összege a teljes négyzeteknek az egytől kezdődően, ami szintén egy perfekt négyzet lesz (Watson 1918). Bitner és Reingold bebizonyították egy számítógépes program segítségével, hogy ezen 24 négyzetet nem lehet mind belepakolni egy 70×70 -es négyzetbe átfedés nélkül (Bitner & Reingold 1975). 1966 szeptemberében Gardner megkérdezte az olvasóit, hogy mi az a legnagyobb területe a 70×70 -es négyzetnek, amit le tudnak fedni ezen négyzetekkel. Magát a problémát Richard B. Britton-nak tulajdonította. Huszonhét olvasó kezdetleges módszerekkel jutott el oda, hogy 49 négyzetegység marad lefedetlen, miután a 7×7 -es négyzetet kihagyják. Korf bebizonyította be először, hogy ez a megoldás az optimum (Korf 2004).

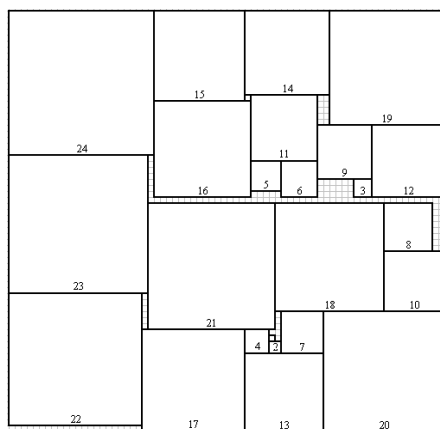
Mullin 1978-ban belátta, hogy ha egy négyzet kisebb, egymástól különböző négyzetekből van összerakva, akkor az összetevő négyzetek oldalhosszúságai nem alkothatnak számtani sorozatot (Mullin 1978). Következésképpen a legkisebb négyzet, mely tartalmazhatja a fent említett 24 darab négyzetet, legalább 71×71 -es méretű. Hujter Mihály a matematika tudományok kandidátusa már 1992-ben közölt egy megoldást a 71×71 -es négyzetbe való pakolásra (Hujter 1992). 2002-ben újra publikálásra került a konstrukció (Hujter 2002) és kiegészült azzal a kérdéssel, hogy vajon 70×71 -es téglalapba is elhelyezhetők-e a négyzetek?

Az már akkor is ismert volt, hogy 70×72 -es téglalapba elhelyezhetők a négyzetek. Bár erről Hujter honlapján is csak utalásokat találunk [7], konkrét megoldást nem!

Nekünk azonban sikerült még jobb megoldást készíteni: 69×72 -es téglalap, melynek vesztesége csak $69 \times 72 - 70^2 = 68$. Tehát kevesebb, mint ami a 70×71 -es téglalapé lenne, ha ismernénk a szakirodalomban egyáltalán ilyen megoldást.

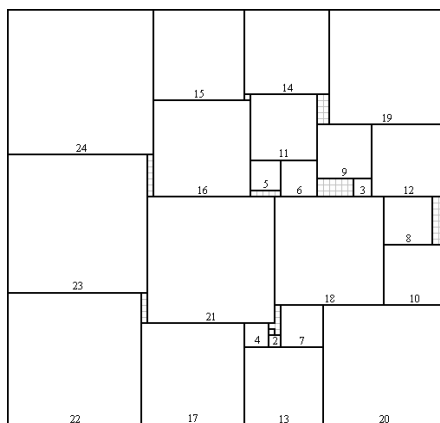
2. EREDMÉNYEINK

Milliméterpapíron felvettük a 70×72 -es téglalapot és elkezdtek belerajzolni a négyzeteket. A Horváth-féle algoritmus működésének megfelelően (Horváth 1991) először a nagyobb területűket helyeztük el a téglalapban, majd szép sorjában a kisebbekkel folytattuk, míg végül el nem fogyott mind (1. ábra).



1. ábra A 70×72 -es megoldás

Az ábrán látható megoldás áttanulmányozása közben észrevettük, hogy csekély módosítással egy 69×72 -es megoldást is lehet képezni belőle. Mégpedig úgy, hogy az ábra jobb alsó részén elhelyezkedő négyzeteket egyszerűen feljebb csúsztatjuk, aminek következménye, hogy az alsó sor nem kerül lefedésre, tehát a sorok számát eggyel lehet csökkenteni (2. ábra).

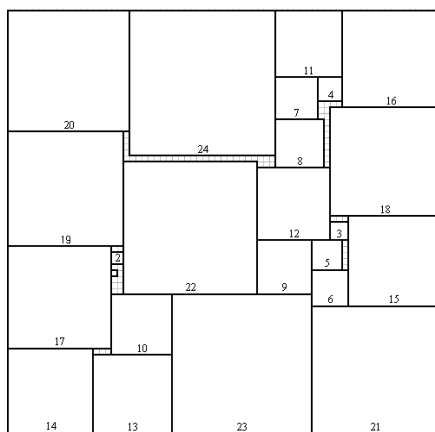


2. ábra A 69×72 -es elhelyezés

Definíció: Az 1×1 , 2×2 , ..., 24×24 négyzetek egy téglalapba való elhelyezése akkor PRIMA, ha a téglalap bármely oldalát csökkentve már nincs lefedés nélküli elhelyezés.

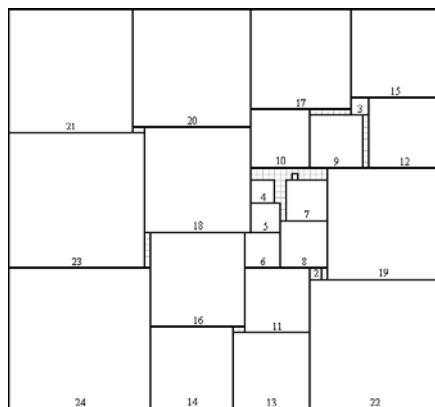
Könnyen belátható, hogy a 69×72 -es elhelyezés PRIMA megoldás, hiszen a 69×71 -es és a 68×72 -es téglalapnak is a területe kisebb, mint 4900.

A 2. ábrán látható megoldás azért is jó, mert kettő egységgel tudtuk javítani a Hujter által gondolt optimumot. Ezzel már be is bizonyítottuk, hogy a 70×71 -es megoldás nem lehet a legjobb, hiszen ezen téglalap területe 4970 négyzetegység, míg a 69×72 -es téglalap területe csak 4968 egység. Bár Hujter azt se tudta, hogy létezik-e erre az esetre kézzel fogható eredmény. Tehát továbbra is nyitott kérdés maradt: van-e 70×71 -es megoldás, vagy ha nincs, akkor van-e 68×73 -as megoldás? Magától adódott a feladat tudunk-e találni egy 70×71 -es eredményt, vagy tudjuk-e bizonyítani, hogy ilyen megoldás nem létezik? Többnapos próbálgatás után jelen dolgozat első szerzőjének sikerült elhelyeznie a 24 darab kis négyzetet a kívánt téglalapba (3. ábra).



3. ábra A 70×71 -es elhelyezés

Majd ezután felmerült a következő kérdés: meg lehet-e csinálni a 68×73 -as feladatot. A szakirodalomban is több helyen felmerült ez a kérdés. A válasz igen:



4. ábra A 68×73 -as megoldás

Ezzel a megoldással még tovább tudtuk javítani az előző $69 \times 72 = 4968$ esetet, ráadásul mindjárt négy egységgel ($68 \times 73 = 4964$).

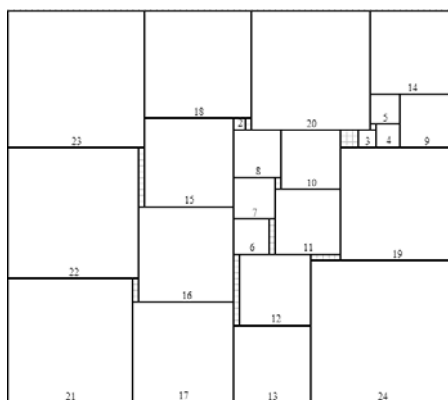
Nyilvánvalóan, ha tovább szeretnénk csökkenteni a befoglaló téglalap területét, továbbra is azt az eljárást célszerű folytatni, hogy a kisebbik oldalt eggyel csökkentjük, míg a nagyobbikat eggyel növeljük, azaz adódik a kérdés: létezik-e 67×74 -es megoldás, vagy 66×75 -ös, és így tovább?

A kérdés első felére ismét igen a válaszunk, hiszen a következő ábrán bemutatjuk ezt az elhelyezést is. A 67×74 -es megoldással (5. ábra) még tovább tudtuk javítani az előző eredményt, ráadásul újabb hat egységgel ($67 \times 74 = 4958$).



5. ábra A 67×74 -es elhelyezés

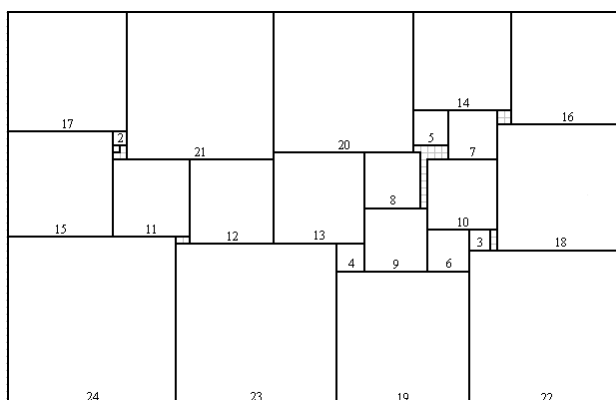
Jelen dolgozat első szerzőjének további kísérletezgetéseit siker koronázta a 66×75 -ös téglalap esetében is [11]. Ezen megoldást a 6. ábra segítségével szeretnénk bemutatni. Ezen esetben ($66 \times 75 = 4950$) újabb 8 egységgel tudtuk csökkenteni a befoglaló téglalap területét, ami már közel két százalékos javulás (összességében pedig már pontosan 91 négyzetegységnyi) Hujter 71×71 -es megoldásához képest.



6. ábra A 66×75 -ös megoldás

Hatalmas mennyiségű számítógép-teljesítményt bevetve Korf 2004-ben újra felfedezte, hogy a 71×71 -es a legkisebb tartalmazó négyzet. Ugyanakkor megtalálta az

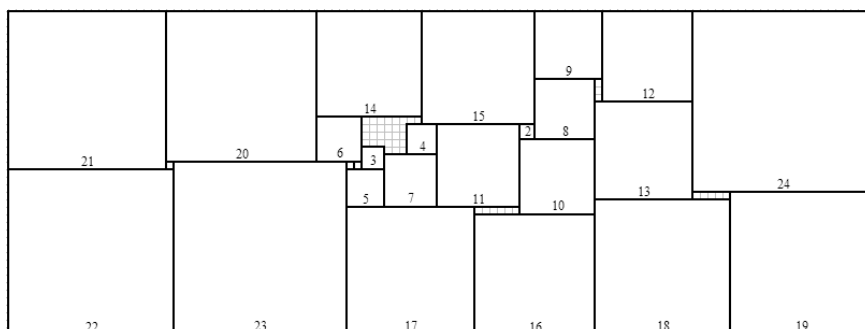
általávalt legkisebb területű téglalapot is: 56x88-as (7. ábra), melynek a vesztesége mindössze $56 \times 88 - 70^2 = 28$ (Korf 2004).



7. ábra Korf 56x88-as elhelyezése

Igaz ugyan, hogy Korf vesztesége lényegesen kevesebb, mint a miénk, de a Mi megoldásaink jobban hasonlítanak a 70x70-es négyzetre, mint az 56x88-os téglalap.

Végül szeretnénk bemutatni az eddigi legkisebb tartalmazó téglalapunkat, melyet szintén a dolgozat első szerzője készített (8. ábra). Ezen esetben $(43 \times 115 = 4945)$ újabb 5 egységgel tudtuk csökkenteni a befoglaló téglalap területét, bár látható hogy az alakzat már kezd ellaposodni.



8. ábra A 43x115-ös megoldás

Továbbra is nyitott marad a kérdés azonban, hogyan lehetne bizonyítani, hogy Korf megoldása tényleg a legjobb, vagy létezik-e még ennél is jobb pakolás? Azt azért lehet látni, hogy a téglalap nem lehet nagyon lapos.

Továbbá utána kéne gondolni, hogy van-e 65x76-os megoldás, vagy ha nincs, akkor van-e 64x77-es megoldás, vagy nincs, és így tovább.

Illetve fel lehetne tární egy adott téglalaphoz – pl.: a 70x71-hez – az összes lehetséges pakolási megoldást.

Végül érdemes elgondolkozni a feladat háromdimenziós esetén is, tehát amikor egy bizonyos kockába (téglatestbe) szeretnénk elhelyezni egy 1x1x1-es, egy 2x2x2-es, ..., nxn-xn-es kis kockát.

3. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Bitner, J., Reingold, E. M.: Backtrack programming techniques. Communications of the ACM, 1975. vol. **26**, pp. 832-843.
- [2] Gardner, M.: Mathematical Games: The problem of Mrs. Perkins' quilt, and answers to last month's puzzles. Scientific American Magazine, 1966. **215**, pp. 264-272.
- [3] Gardner, M.: The problem of Mrs. Perkin's quilt and other square-packing problems. Mathematical Carnival. New York: Alfred A. Knopf, 1975. pp. 139-149.
- [4] Horváth, G.: Perfekt négyzetelt téglalapok és négyzetek. Szakdolgozat, Eötvös Loránd Tudományegyetem, 1991.
- [5] Hujter, M.: Combinatorial optimization problems related to geometric packings and coverings. Kandidátusi értekezés, MTA, 1992.
- [6] Hujter, M.: Improving a lower bound for online strip packing with modifiable boxes. microCAD International Scientific Conference, University Press, 2002. vol. D: Basic Engineering Sciences, pp. 1-5.
- [7] Hujter, M.: Put 24 noncongruent squares into the least-area-rectangle. A part of a homepage (2002). <http://math.bme.hu/~hujter/further.htm>
- [8] Korf, R.: A new algorithm for optimal bin packing. Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence. AAAI Press, 2001. pp. 731-736.
- [9] Korf, R.: Optimal rectangle packing: initial results. Proceedings of the Thirteenth International Conference on Automated Planning and Scheduling. ICAPS, 2003. pp. 287-295.
- [10] Korf, R.: Optimal rectangle packing: new results. Proceedings of the Fourteenth International Conference on Automated Planning and Scheduling. ICAPS, 2004. pp. 142-149.
- [11] Mészáros, A.: Új eredmények négyzetek téglalapba helyezésére. OTDK dolgozat, Agrártudományi szekció, Agrár-műszaki tagozat, Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Gödöllő, 2009. [konzulens: Oláh, B.]
- [12] Mullin, A. A.: On arithmetic aspects of geometric problems. American Math. Soc. Notices, 1978. **25** A-227.
- [13] Watson, G. N.: The problem of the square pyramid. Messenger, 1918. **48** pp. 1-16.

NEW RESULTS FOR SQUARE-PACKING INTO RECTANGLE

The objective of this scientific work is to prove the existence of placing 1x1, 2x2, 3x3, ..., 24x24 squares in a 70x71 rectangle and find the 69x72 solution, or to prove that this kind of enclosing rectangle does not exist, furthermore, to find the 68x73, 67x74 and so on solutions. Since these cases are open questions in the latest technical literature – and the smallest rectangle in which these 24 different squares could be placed without overlapping is not known –, therefore the choice of our topic is timeliness, actuality which there is no doubt about.

KÖNNYŰSZERKEZETES ÉPÜLETEK ENERGETIKAI VIZSGÁLATA

SPISÁK István

Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Építőmérnöki szak
4028 Debrecen, Ótemető út 2-4, mechaistvan@gmail.com

KIVONAT

Napjainkban a gyorsan növekvő energiaárak hatására, az épületek tervezésekor az egyik leglényegesebb szempont, az energiatakarékosságra való törekvés. Erre a gazdasági világválság idején még nagyobb figyelem irányul. Az építetőkben is megfogalmazódik az igény arra, hogy minél kevesebb legyen az épület üzemeltetésének költsége. Az egyik legkézenfekvőbb megoldást a könnyűszerkezetes építési rendszer alkalmazása jelenti, mely köztudottan energiatakarékosabb a hagyományos vázkerámias épületeknél. Az energia megtakarítás mértékét a jelenleg érvényben lévő 7 / 2006 TNM rendelet szabályozásai és irányelvi szabvány alapján végzem, az egyszerűsített számítási módot követve. A vizsgált épület esetén az éves energiafelhasználás –a falszerkezet energetikai tulajdonságaiból adódóan –31%-al alacsonyabb, mint a vázkerámias épületek esetén. Körültekintő tervezői munkával további 30%-os energia megtakarítást realizáltam.

Kulcsszavak: Energetika, könnyűszerkezet, acélszerkezet, energiatakarékosság

1. ENERGIATAKARÉKOSSÁG FONTOSSÁGA

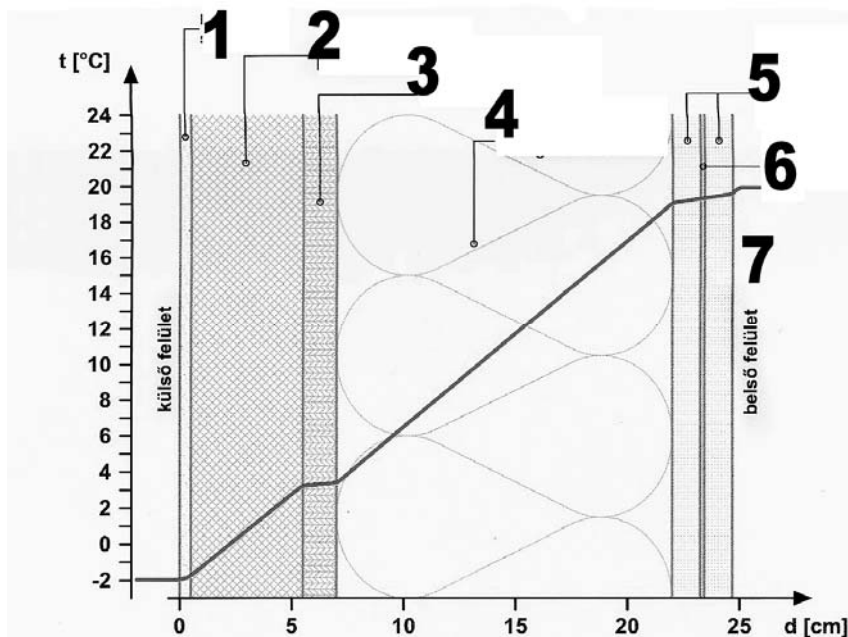
Az energiatakarékosságra az utóbbi 10 évben fokozatosan egyre nagyobb figyelem irányul. Napjainkban a lakosság is törekszik az energiatakarékosságra. A már meglévő épületeket utólag próbálják hőszigetelőbbé tenni, az építés előtt álló házaknál, pedig már a tervezésnél az egyik legfontosabb szempont az energiatakarékosság. Ennek fő oka, hogy a lakossági földgáz ára az elmúlt két évben drasztikusan emelkedett és ez a tendencia az elkövetkező években is folytatódni fog. [1]Másik fontos előidézője hogy az EU országok éves energiafogyasztásának 45-50%-a az épületek létesítésére és üzemeltetésére fordítódik. Ez azt jelenti, hogy az energiafelhasználás és a fenntartható fejlődés szempontjából ez a legkritikusabb és legfontosabb szektor. Ezért az EU kiadta az épületek energia teljesítményéről szóló 2002/91/ EK direktívát. Melynek értelmében az új épületek szerkezetét úgy kell megtervezni, hogy megfeleljen a jelentősen szigorított épületenergetikai követelményeknek.

2. ENERGIATAKARÉKOSSÁG ESZKÖZEI

Ahhoz hogy egy épület energetikai szempontból kedvező paraméterekkel rendelkezzen, három fontos követelménynek kell teljesülnie:

- Korszerű, kiváló hőszigetelő képességgel rendelkező határoló szerkezetek;
- Modern épületgépészeti rendszer
- Körültekintő, precíz tervezői munka.

A korszerű határoló szerkezetekkel befolyásoljuk a legnagyobb mértékben az energetikai jellemzőket, így erre fokozott figyelmet kell fordítani. Kitűnő választás lehet az acélszerkezetes építési rendszer alkalmazása, melynek legismertebb képviselője Magyarországon a Harcell építési rendszer.



1. ábra Teherhordófal rétegrendje

- | | |
|--|--|
| 1 = 5 mm színvakolat | 5 = 2*12,5 mm normál gipszkarton |
| 2 = 50 mm homlokzati hőszigetelés | 6 = párazáró fólia |
| 3 = 15 mm faháncslemez | 7 = belső felületképzés (festés, tapéta) |
| 4 = 150 mm acél profilváz hőszigeteléssel kitöltve | |

3. KIINDULÁSI FELTÉTLEK

Számításaimmal az volt a célom, hogy meghatározzam, milyen számszerű különbség van a két technológia energetikai tulajdonságai közt. Továbbá, hogy éves szinten mekkora energia megtakarítást érhetünk el, és vannak-e egyéb számokban is kifejezhető előnyei a könnyűszerkezetes rendszer alkalmazásának. A pontos összehasonlítás érdekében a számításaimhoz megterveztem egy napjainkban átlagosnak tekinthető épület alaprajzát, majd felépítettem két különböző építési rendszerrel.

Az „A” jelű épületem acélszerkezetes technológiával épült, a HARDELL építési rendszer elemeiből. „B” jelű épület Porotherm 38-as falazóblokkból készült, amit külső oldalon elláttam 5 cm hőszigeteléssel.

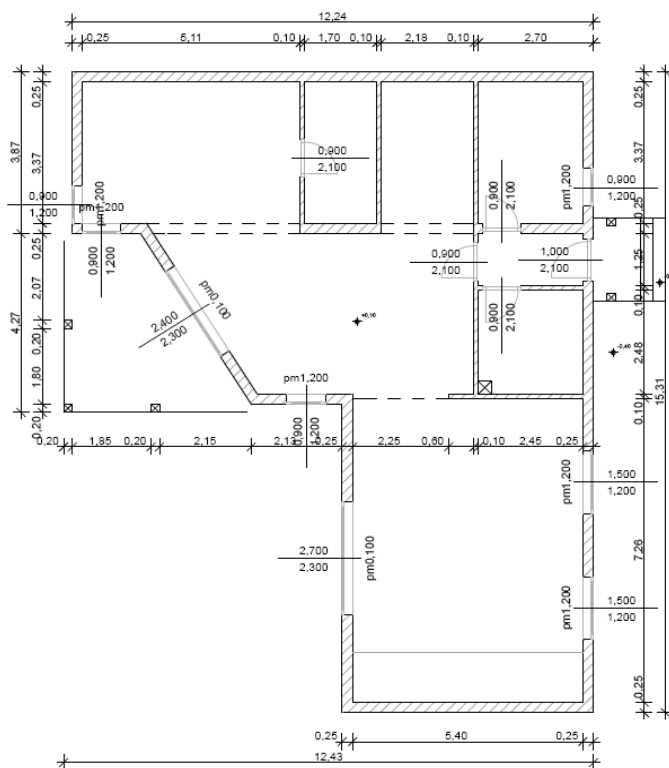
Az épület alaprajzának kialakításakor alapvető épületfizikai, építészeti eszközökkel törekedtem az épületet megóvni a szélsőséges időjárási körülményektől. Ezért az északi oldalra nem került nyílászáró. A nyári túlmelegedés ellen pedig 30°-os tető

hajlásszöggel és 1,30 m-es ereszkinyúlással védekeztem.

4. ÉPÜLETFIZIKAI, GEOMETRIAI, ÉPÍTÉSZETI KÖVETELMÉNYEK

A két épületben megegyezik:

- Az alaprajzuk külső oldala: ez a legfontosabb követelmény, mivel így lehet legpontosabban összehasonlítani a kapott eredményeket;
- A tető hajlásszöge és rétegrendje, a külső árnyékoló szerkezetek;
- Az épület környezete. Egy alacsony beépíthetőségi százalékkal rendelkező telek. Az épületet szabadon álló: egyetlen oldalról sem árnyékolja szomszédos épület;
- A nyílászárók elrendezése, nagysága és típusa;
- A tervezéshez használt belső és külső hőmérséklet;
- A teljes épületgépészeti rendszer.



Teljes alapterület:
120,42 m²

Hasznos
alapterület:
104,7 m²

Fűtött térfogat:
287,9 m³

Felület/Térfogat:
1,22

2. ábra A vizsgált épület alaprajza

A gépészeti elemek kiválasztásakor a legfontosabb szempont a korszerűség és a jó ár/érték arány volt. Így került beépítésre egy 20 kW-os Vaillant ecoCOMPACT kondenzációs kombi gázkazán, melynek átlagos hatásfoka 108 %. A kombi gázkazán fűtött téren kívül kerül elhelyezésre, hőtárolóval nem rendelkezik a fűtési rendszer. Az

épület teljes területén padlófűtést használunk.

5 VIZSGÁLAT ÉS SZÁMÍTÁSOK

Mindkét épületszerkezeten elvégeztem a következő számításokat a 7 / 2006 TNM rendelet szabályozásai és irányelvei szabvány alapján, az egyszerűsített számítási módot követve: A számítás során elvégeztem:

- A felület / térfogat arány meghatározása;
- A fajlagos hőveszteség tényező határértékének meghatározása;
- Az épület hőveszteségének számítása;
- Az épület hőtároló tömegének meghatározása;
- Sugárzási nyereségek;
- Fajlagos hőveszteségtényező számítása;
- A nyári túlmelegedés kockázatának vizsgálata;
- A fűtés éves nettó hőenergia igénye;
- A fűtés fajlagos primer energiaigénye;
- A melegvíz primer energiaigénye;
- Összesített energetikai jellemző számítása;
- Az épület minősítése;

A számított eredmények legfontosabb értékeit feltüntettem az 1. táblázatban, mely utolsó oszlopában a két épület közötti különbség százalékos értéke is szerepel, a könnyebb összehasonlíthatóság érdekében.

Tulajdonság	Mérték egység	Hardell „A”	Porotherm 38 N+F „B”	Különbözet %
Az épület teljes területe	m ²	120,42	120,42	0,00%
Nettó fűtött szint terület	m ²	104,69	93,70	-10,5%
Fűtött térfogat	m ³	287,9	257,68	-10,5%
Felület / térfogat arány	M ² /m ³	1,22	1,27	4,72%
Fajlagos hőveszteségtényező	W/m ³ K	0,36	0,50	40,91%
Éves nettó fűtési energia igény	kWh/a	7588,05	9217,95	21,48%
Fűtés fajlagos nettó hőe.igénye	kWh/m ² a	72,48	98,37	35,72%
Össz. energetikai jellemző	kWh/m ² a	135,73	162,66	19,84%
Össz. energetikai jellemző h.értéke	kWh/m ² a	219,99	226,88	3,13%
Energiatakarékosság		61,70%	71,69%	
Építési költség kulcsra kész		16 860 eFt	19 400 eFt	13%

1. Táblázat A számított energetikai jellemzők összehasonlítása

6. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Az acélszerkezetes épület éves nettó fűtési energiaigénye $7588 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, a tégl épületé pedig $9218 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Az éves energia megtakarítás elérte a 21%-ot, melyet a technológiában rejlő további lehetőségek –mely a vékonyabb falszerkezetből adódik kihasználásával 35%-ot is meghaladhat. Továbbá a bekerülési költsége a hagyományos technológiához képest 13%-al alacsonyabb, mely a hitelfelvételnél jelenthet nagy könnyebbséget, ugyanis kisebb összeget kell igényelniük, melyhez kisebb önrész szükséges. Az építés időtartama rövidebb, 90 esőmentes nap alatt kulcsrakész állapotba kerül. Megjegyzem, hogy gondos tervezőmunkával és gazdaságosabb épületgépészeti rendszerrel, további jelentős mértékű energia megtakarítást érhetnénk el.

Megállapítható tehát, hogy az acélszerkezetes rendszer energetikai és gazdaságossági tekintetben is megfelel korunk legmagasabb elvárásainak is.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Prof. Zöld András, Dr. Csoknai Tamás, Dr. Kalmár Ferenc: Az új épületenergetikai szabályozás, Budapest (2006)
- [2] Hardell rendszer tervezési segédlete (2007)
- [3] Dr. Kalmár Ferenc: Épületfizika, Studium kiadó, Nyíregyháza, (2003)

THE EXAMINATION OF THE ENERGETICS OF THE LIGHT CONSTRUCTION BUILDINGS

Nowadays one of the most important factors is energy saving in the designing of buildings due to the rapidly increasing energy prices. This is intensifying further because of the economic world crisis. In my paper I examined how much energy an average family can save if they live in a building with light construction. I made my calculations applying the simplified calculation method in compliance with the regulations and guidelines standard of TNM order 7/2006. I prepared the same building with the conventional ceramic frame technology, as well. It is important that the floor plan, the layout and the applied construction engineering system should be identical.

The building with steel construction is in class A and there is 21% energy saving in one year.

During my calculations I found other important advantages can be expressed with figures: The selling costs of the building is 13% lower than if it had been built with the ceramic frame system. Furthermore a useful area bigger with 11.5% is available and using it carefully I reached an energy saving of 10%.

STATIKA PÉLDÁK AZ EXCEL OKTATÁSBAN

HÜSE Erika - SZÍKI Gusztáv Áron

Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Műszaki Alaptárgyi Tanszék
4028 Debrecen, Ótemető u. 2-4.
huse.erika88@freemail.hu
sziki@atomki.hu

KIVONAT

A DE Műszaki Karának Műszaki Alaptárgyi Tanszékén egy, a műszaki informatika oktatását támogató elektronikus adatbázis van készülöben. A cikkben ismertetett munka ezen adatbázishoz járul hozzá Microsoft Office Excel programmal feldolgozott, statikai problémák tematikus gyűjteményével. Az adatbázis célja, hogy a Műszaki informatika tárgy keretében oktatott szoftverek (pl.: Microsoft Office Excel, Microsoft Access, AutoCAD) használatát a hallgatók a szakmai alapozó tárgyak (pl.: műszaki mechanika, matematika, közgazdaságtan, térinformatika) törzsanyagában szereplő problémákon, feladatokon keresztül sajátítsák el, ezáltal nem csak az Excel függvényeinek használatát, de az alapozó tárgyi feladatok megoldási módszereit is gyakorolva. A jelen cikkben bemutatott fájlok segítségével a hallgatók statikai problémákat oldhatnak meg az Excel program alkalmazásával, szigorúan követve a mechanika gyakorlatokon megtanult lépéseket, módszereket.

Kulcsszavak: informatika oktatás, Excel, statika példák, mérnöki pedagógia

1. BEVEZETÉS

A Debreceni Egyetem Műszaki Karának Műszaki Alaptárgyi Tanszékén egy elektronikus, az informatikaoktatást támogató adatbázist fejlesztünk.

Az adatbázis célja, hogy a Műszaki informatika tárgy keretében oktatott szoftverek (pl.: Microsoft Office Excel, Microsoft Access, AutoCAD) használatát a hallgatók a szakmai alapozó tárgyak (pl.: műszaki mechanika, matematika, közgazdaságtan, térinformatika) törzsanyagában szereplő problémákon, feladatokon keresztül sajátítsák el. A Műszaki informatika tárgy első félévében a táblázatkezelés (Excel), adatbázis kezelés (Access), valamint hálózati alkalmazások megismertetése történik. A tervek szerint a jövőben ezen általános témakörök oktatását műszaki problémák feldolgozására alapoznánk. Ehhez nyújt majd jelentős segítséget a fenti adatbázis.

Az elmúlt évben végzett munkánk – amelyet a továbbiakban ismertetünk – az Excel oktatásához járul hozzá statikai témájú, kidolgozott mintapéldák tematikus gyűjteményével. A célja egy olyan elektronikus oktatási anyag létrehozása, amely a gépészmérnök és műszaki menedzser szakos hallgatók számára oktatott Műszaki mechanika I. tantárgy tematikáját követi, és a törzsanyagban szereplő típuspéldákon keresztül mutatja be a Microsoft Office Excel program használatát a hallgatóknak, nagy hangsúlyt fektetve az Excel függvényeinek megismertetésére.

2. A TÉMA SZEREPE ÉS JELENTŐSÉGE AZ OKTATÁSBAN

A Debreceni Egyetem Műszaki Karán a mérnökképzés egyik alapozó tárgya a mérnöki informatika, amelynek keretében a hallgatók megismerkednek többek között a Microsoft Office Excel program használatával. Az Excel gyakorlásához számos

tankönyv és példatár áll rendelkezésre: [1], [2], [3], [4]. Ezek közül a legismertebb az ECDL Vizsgapéldatár [1], amelyet korábban Karunk oktatói is rendszeresen alkalmaztak az oktatásban. A fenti oktatási anyagok – mivel általános használatra készültek – nem illeszkednek a műszaki felsőoktatás igényeihez, hiszen egyikük sem tartalmaz a műszaki képzéshez illeszkedő gyakorló példákat.

Hagyományosan az Excel oktatása karunkon nem műszaki példákon keresztül történt, a cél pusztán a programban található függvények megismertetése volt. Körülbelül öt éve indult meg az a folyamat, amely mechanikai, matematikai feladatokat épített be az Excel oktatásába, de még csak ad hoc jelleggel.

Ennek mintájára több gazdaságtannal foglalkozó tantárgynál is felmerült hasonló igény, és nem csak az Excel, hanem más programcsomagok vonatkozásában is.

Körvonalazódott tehát egy egységes, átfogó adatbázis víziója, amely jelentős segítséget nyújthat a hallgatóknak az informatikai, és szakmai alapozó tárgyak elsajátításához mind otthon, mind a mérnöki informatika gyakorlatokon.

Az alábbiakban ismertetett munkánkkal a fenti adatbázis létrejöttéhez járultunk hozzá, a Műszaki mechanika I. tárgyban tipikus, statikai feladatok Excel alapú feldolgozásával. Hallgatónként és oktatóként egyaránt fontosnak tartjuk egy ilyen elektronikus anyag létrejöttét, hisz a tényleges szakmai problémák megoldása jelentős motivációs tényező lehet valamely számítógépes programcsomag, így az Excel elsajátításához.

Miért célszerű még szakmai feladatokon keresztül oktatni az Excelt?

- Mert így nem csak a program használatát gyakorolják a hallgatók, hanem az adott szakmai tárgyat is.

- Mert az Excel lehetőséget nyújt a megoldások bemenő paraméterektől való függésének vizsgálatára, és azok grafikus megjelenítésére. Ez sok esetben megkönnyíti a szaktárgyi problémák megoldásának általános diszkusszióját.

- Mert az Excelben általánosan megoldott feladatokkal a hallgatók ellenőrizhetik önálló feladatmegoldásaik végeredményét (pl.: mechanika vagy matematika házi feladataikét).

Miért pont a statika témaköreit dolgoztuk fel elsőként?

- Mert kiválóan alkalmas az Excel gyakorlására

- Mert párhuzamosan fut a mérnöki informatikával

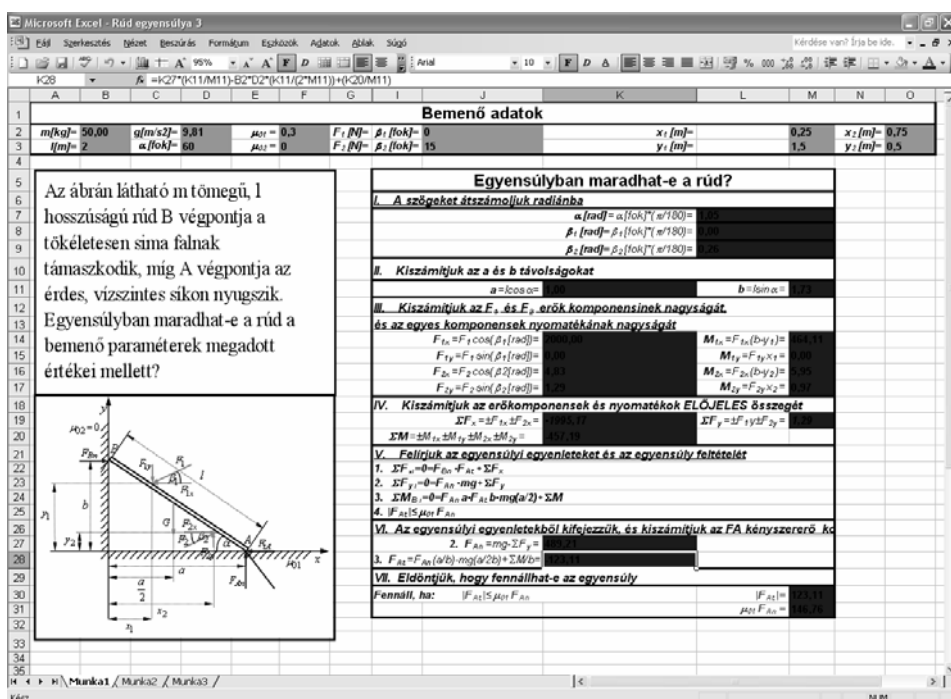
- Mert fontos alapozó tárgy, és általában nehézséget okoz a hallgatóknak

Az elkészült fájlok oktatási alkalmazásáról a 3. pontban szólnunk részletesen. Itt röviden csak annyit említünk meg, hogy a hallgatók előismereteihez igazodva több szintű alkalmazásra nyílik lehetőség, amely a táblázatkezelői függvények szimpla gyakoroltatásától a statikai problémák önálló megoldásáig terjed.

3. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A feldolgozott statikai feladatokat főleg a [5] és a [6] példatárakból válogattuk, további ötletet merítve a [7], [8], [9] irodalmakból. A kiválasztott feladatok mindegyike tipikus a Műszaki mechanika I. tárgy oktatásában.

Eddig 12 db fájlt készítettünk el, amelyek követik az alábbi, egységes formát.



1. ábra

Egy a statikai témájú Excel fájlok közül: merev rúd egyensúlya

Minden fájl tartalmaz egy „bemenő adatok” nevű táblázatot, valamint egy másikat, amely a szükséges számítások elvégzésére szolgál. A bemenő adatok helyét zöld, míg a számolt értékeket piros cellák jelzik. A piros cellák előtt minden esetben fel vannak tüntetve a számítási képletek. A fájl tartalmaz még egy Microsoft PowerPoint programmal elkészített szemléltető ábrát, valamint szöveges utasítást. Az ábrákon a bemenő adatokat a táblázatokhoz hasonlóan zöld, míg a számított mennyiségeket piros színnel jelöltük.

A 1. ábrán bemutatott fájl – a hallgatók előismereteitől függően – többféleképpen használható az oktatásban. (2, 3. és 4. ábra)

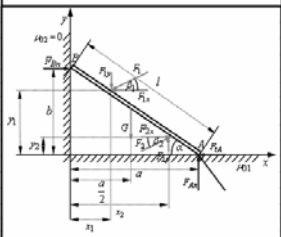
Az 2. ábrán szemléltetett esetben a hallgató feladata pusztán a bemenő adatok bevitele a zöld, valamint a megadott képletek bevitele a piros cellákba. Itt a hallgató kizárólag az Excel használatát gyakorolja.

A 3. ábrán adott esetben a hallgatónak már önállóan kell előállítania a számításokhoz szükséges képleteket. Ehhez statikai ismeretek is szükségesek.

Végül a 4. ábrán látható esetben csak a feladat, és a bemenő adatok típusa ismert. Itt a hallgatónak már iránymutatás nélkül, önállóan kell dolgoznia.

Microsoft Excel - Rúd egyensúlya 3

1 Az ábrán látható m tömegű, l hosszúságú rúd B végpontja a tökéletesen síma falnak támaszkodik, míg A végpontja az érdes, vízszintes síkon nyugszik. Egyensúlyban maradhat-e a rúd a bemenő paraméterek megadott értékei mellett?



Bemenő adatok

$m[kg] = 50,00$	$g[m/s^2] = 9,81$	$\mu_{A1} = 0,3$	$F_1[N] = \beta_1 \cdot f[\text{N}] = 0$	$x_1[m] = 0,25$	$x_2[m] = 0,75$
$l[m] = 2$	$\alpha[\text{fok}] = 60$	$\mu_{A2} = 0$	$F_2[N] = \beta_2 \cdot f[\text{N}] = 15$	$y_1[m] = 1,5$	$y_2[m] = 0,5$

Egyensúlyban maradhat-e a rúd?

I. A szögeket átszámoljuk radiánba

$\alpha[\text{rad}] = \alpha[\text{fok}] \cdot (\pi/180) =$

$\beta_1[\text{rad}] = \beta_1[\text{fok}] \cdot (\pi/180) =$

$\beta_2[\text{rad}] = \beta_2[\text{fok}] \cdot (\pi/180) =$

II. Kiszámítjuk az a és b távolságokat

$a =$ $b =$

III. Kiszámítjuk az F_x és F_z erők komponenseinek nagyságát, és az egyes komponensek nyomatékának nagyságát

$F_x = F \cdot \cos(\beta_1 \cdot \text{rad}) =$ $M_x = F_{x2} \cdot (b - y_2) =$

$F_y = F \cdot \sin(\beta_1 \cdot \text{rad}) =$ $M_y = F_{y2} \cdot x_2 =$

$F_{x1} = F_1 \cdot \cos(\beta_2 \cdot \text{rad}) =$ $M_{x1} = F_{x1} \cdot (b - y_1) =$

$F_{y1} = F_1 \cdot \sin(\beta_2 \cdot \text{rad}) =$ $M_{y1} = F_{y1} \cdot x_1 =$

IV. Kiszámítjuk az erőkomponensek és nyomatékok ELOJELES összegét

$\Sigma F_x = \Sigma F_{x1} - \Sigma F_{x2} =$ $\Sigma F_y = \Sigma F_{y1} - \Sigma F_{y2} =$

$\Sigma M = \Sigma M_{x1} - \Sigma M_{x2} + \Sigma M_{y1} - \Sigma M_{y2} =$

V. Felírjuk az egyensúlyi egyenleteket és az egyensúly feltételeit

1. $\Sigma F_x = 0 \Rightarrow F_{x1} - F_{x2} + \Sigma F_x =$

2. $\Sigma F_y = 0 \Rightarrow F_{y1} - F_{y2} + \Sigma F_y =$

3. $\Sigma M_{A1} = 0 \Rightarrow F_{x1} \cdot b - F_{x2} \cdot (b - \sin(\alpha) \cdot l) + \Sigma M =$

4. $|F_{x1}| \leq \mu_{A1} \cdot F_{y1}$

VI. Az egyensúlyi egyenletekből kifejezzük, és kiszámítjuk az FA kényszererő H

1. $F_{x1} =$ 2. $F_{y1} =$

3. $F_{A1} = F_{y1} \cdot \mu_{A1} =$ 4. $F_{A2} =$

VII. Eldöntük, hogy fennállhat-e az egyensúly

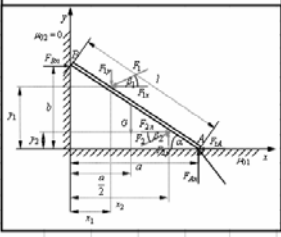
Fennáll, ha: $|F_{A1}| \leq \mu_{A1} \cdot F_{y1}$ $|F_{A2}| =$

$\mu_{A2} \cdot F_{y2} =$

2. ábra

Microsoft Excel - Rúd egyensúlya 3

1 Az ábrán látható m tömegű, l hosszúságú rúd B végpontja a tökéletesen síma falnak támaszkodik, míg A végpontja az érdes, vízszintes síkon nyugszik. Egyensúlyban maradhat-e a rúd a bemenő paraméterek megadott értékei mellett?



Bemenő adatok

$m[kg] = 50,00$	$g[m/s^2] = 9,81$	$\mu_{A1} = 0,3$	$F_1[N] = \beta_1 \cdot f[\text{N}] = 0$	$x_1[m] = 0,25$	$x_2[m] = 0,75$
$l[m] = 2$	$\alpha[\text{fok}] = 60$	$\mu_{A2} = 0$	$F_2[N] = \beta_2 \cdot f[\text{N}] = 15$	$y_1[m] = 1,5$	$y_2[m] = 0,5$

Egyensúlyban maradhat-e a rúd?

I. A szögeket átszámoljuk radiánba

$\alpha[\text{rad}] =$

$\beta_1[\text{rad}] =$

$\beta_2[\text{rad}] =$

II. Kiszámítjuk az a és b távolságokat

$a =$ $b =$

III. Kiszámítjuk az F_x és F_z erők komponenseinek nagyságát, és az egyes komponensek nyomatékának nagyságát

$F_x =$ $M_x =$

$F_y =$ $M_y =$

$F_{x1} =$ $M_{x1} =$

$F_{y1} =$ $M_{y1} =$

IV. Kiszámítjuk az erőkomponensek és nyomatékok ELOJELES összegét

$\Sigma F_x =$ $\Sigma F_y =$

$\Sigma M =$

V. Felírjuk az egyensúlyi egyenleteket és az egyensúly feltételeit

1. $\Sigma F_x = 0 \Rightarrow F_{x1} - F_{x2} + \Sigma F_x =$

2. $\Sigma F_y = 0 \Rightarrow F_{y1} - F_{y2} + \Sigma F_y =$

3. $\Sigma M_{A1} = 0 \Rightarrow F_{x1} \cdot b - F_{x2} \cdot (b - \sin(\alpha) \cdot l) + \Sigma M =$

4. $|F_{x1}| \leq \mu_{A1} \cdot F_{y1}$

VI. Az egyensúlyi egyenletekből kifejezzük, és kiszámítjuk az FA kényszererő H

1. $F_{x1} =$ 2. $F_{y1} =$

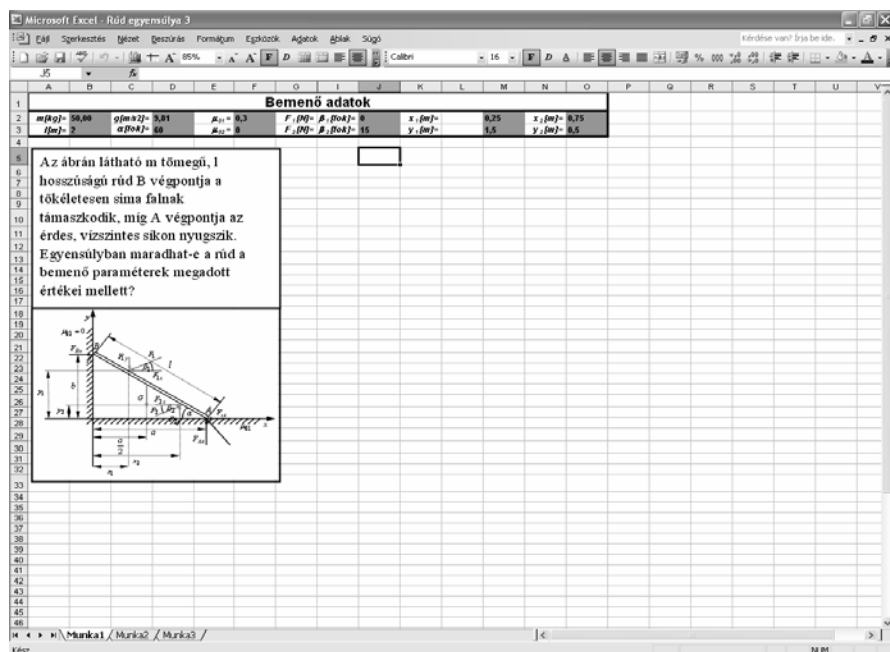
3. $F_{A1} =$

VII. Eldöntük, hogy fennállhat-e az egyensúly

Fennáll, ha: $|F_{A1}| \leq \mu_{A1} \cdot F_{y1}$ $|F_{A2}| =$

$\mu_{A2} \cdot F_{y2} =$

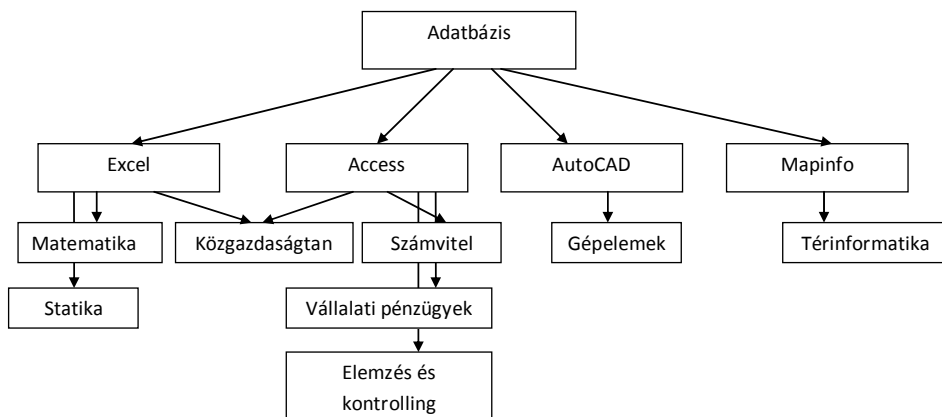
3. ábra



4. ábra

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A itt ismertetett munkával megtettük az első lépést a bevezetőben említett, a műszaki informatika oktatást támogató, egységes adatbázis létrehozásához. Az adatbázis tervezett felépítése az 5. ábrán látható



5. ábra. Elektronikus adatbázis tervezett tartalmi felépítése

Az adatbázisban elhelyezett fájlok az alkalmazott számítóképes programok, azon belül pedig a példákat adó tárgyak szerint csoportosulnának. Az adatbázisból az egyes

szakok igényeiknek megfelelően lehetne összeállítani a gyakorló feladatok körét.

További előnyt jelenthet a különböző mappákban elhelyezett állományok közötti adatátvitel. (Pl.: az Excellel számított értékek a térinformatikai feladatok bemenő adataiként szolgálhatnak.)

Az eddig elvégzett munkával az Excel oktatásához járultunk hozzá kidolgozott, statikai témájú mintapéldák gyűjteményével. Az eddig elkészült fájlok körét még továbbiakkal szeretnénk bővíteni, létrehozva egy, a féléves statikát hiánytalanul lefedő gyűjteményt. Az elkészült fájlok szerkezetükben és formai megjelenésükben mintaként szolgálnak a további (pl.: matematikai vagy közgazdaságtani jellegű) Excel fájlok elkészítéséhez, továbbá koncepciójukkal iránymutatást adnak az adatbázis jövőbeni fejlesztéséhez. Hisszük, hogy az elvégzett munkánk jól hasznosítható lesz a további fejlesztésben.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Efkovács Ferenc, Mohai István, Váradi Zsolt: ECDL vizsgapéldatár (Az Európai Számítógép-használói Jogosítvány vizsgafeladatai), Kossuth Kiadó, 2003. (Harmadik kiadás)
- [2] Kovalcsikné Pintér Orsolya: Az Excel függvényei A-tól Z-ig, ComputerBooks Kiadói Szolgáltató és Kereskedő Kft, 2000.
- [3] Bártfai Barnabás: Táblázatkezelési gyakorlatok, BBS-Info Kft, 2003.
- [4] Dr. Álló Géza: Táblázatkezelés Felsőfokon, Műszaki Könyvkiadó Kft, 2002.
- [5] Somorjai Tamás: Statika példatár, Stúdium, 2003.
- [6] www.mfk.unideb.hu/gepesz (Munkatársak/Kassai László/Műszaki mechanika I. feladatok)
- [7] Kassai László: Statika, Nemzeti tankönyvkiadó, Budapest, 1994.
- [8] Kassai László: Mechanika I (segédlet) (1995)
- [9] Kassai László – Somorjai Tamás: Mechanika I, Nemzeti tankönyvkiadó, Budapest, 1989.

STATIC EXCERCISES IN EXCEL EDUCATION

At the Department of Basic Technical Studies of the Faculty of Engineering of Debrecen University an electronic database for engineering informatics is under development. The aim of the database is to present the use of different software (Microsoft Office Excel, Microsoft Access, AutoCAD), educated in engineering informatics, through the problems of vocational subjects (engineering mechanics, mathematics, economics). This way the students can practise not only the simple use of the above software, but the solution methods of problems in vocational subjects.

The presented work contributes to this database with a thematic collection of problems of statics, processed by Microsoft Office Excel program package.

With the help of the files the students can solve problems of statics with Excel, strictly following the solution methods applied on seminars.

The files can be applied in education in different ways, according to the previous knowledge of students, from simply applying the functions of Excel, to students' independent solution of static problems.

ÖSSZETETT ÉPÜLETGÉPÉSZETI RENDSZER GRÁFELMÉLETI VIZSGÁLATA

KEREKES Attila

Nívó Generál Kft.
4024 Debrecen, Csapó u. 28.
kerekas.attila@nivogeneral.hu

KIVONAT

A tanulmány egy összetett épületgépészeti rendszer vizsgálatán keresztül bemutatja, hogyan lehet gráfmodell segítségével feltárni, matematikai eszközökkel meghatározni és kifejezni rendszerelemek közötti kapcsolatokat.

Kulcsszavak: épületgépészeti rendszer, gráfmodell, irányított gráf, szomszédossági mátrix, elérhetőségi mátrix.

1. BEVEZETÉS

A gráfelmélettel és a rendszerek, valamint folyamatok gráfelméleti modellezésével részletesen foglalkoznak az [1], [2] és [3] irodalmak. Ezek közül Pokorádi [3] könyve egy jól algoritmizálható, az összetett rendszerek elemei közti kölcsönhatásokat feltáró mátrixalgebrai megoldást ismertet. A tanulmány egy épületgépészeti rendszer példáján keresztül mutatja be, hogyan lehet gráfelméleti eszközökkel feltárni a rendszerelemek közötti kapcsolatokat.

A publikáció a következő fejezetekből áll: A 2. fejezet a vizsgálat tárgyát képező épületgépészeti rendszert ismerteti. A 3. a rendszer kapcsolati gráfjának felállítását mutatja be. A 4. fejezetben az elérhetőségi mátrix meghatározási módja ismerhető meg. Az 5. fejezet kapott eredmények értékelése olvasható szakmai szempontok alapján.

2. AZ ÉPÜLETGÉPÉSZETI RENDSZER ISMERTETÉSE

A választott épületgépészeti rendszer egy helyiség fűtését és szellőzését ellátó berendezés. Elvi felépítése az 1. ábrán látható.

A helyiség kívánt belső hőmérsékletét a radiátorok biztosítják. A radiátorok helyi szabályozásáról termosztatikus radiátor szelepek gondoskodnak. A helyiségben a káros mértékű szennyezőanyag koncentráció kialakulását a helyiség gépi szellőzése gátolja meg. A szellőzés izotermikus átöblítéssel történik. A szellőzőlevegőt a légkezelő berendezés készíti elő.

A primer energiahordozó földgáz a gázmérőn keresztül jut a kazánba. A kazán fűtési melegvizet állít elő, amelyet az SZ3 szivattyú továbbít a fűtési osztóra. Az osztó két leágazással rendelkezik. Az első leágazástól a fűtési hőhordozó útja a következő: MSZ1 motoros szelep, E1 hőmérsékletérzékelőt, SZ1 szivattyú, légkezelő berendezés F fűtési kalorifer, F1 fojtószelep, motoros szelep by-pass ág csővezeték elágazása, V1 visszacsapószelep, fűtési gyűjtő. A második számú leágazás esetén a fűtővíz útja az alábbi: MSZ2 motoros szelep, E2 hőmérsékletérzékelőt, SZ2 szivattyú, TSZ termosztatikus radiátorszelepek, radiátorok, F2 fojtószelep, motoros szelep by-pass ág

csővezeték elágazása, V2 visszacsapószelep, fűtési gyűjtő. A gyűjtőről a lehűlt víz az F fojtó szelepen keresztül jut vissza a kazánba.

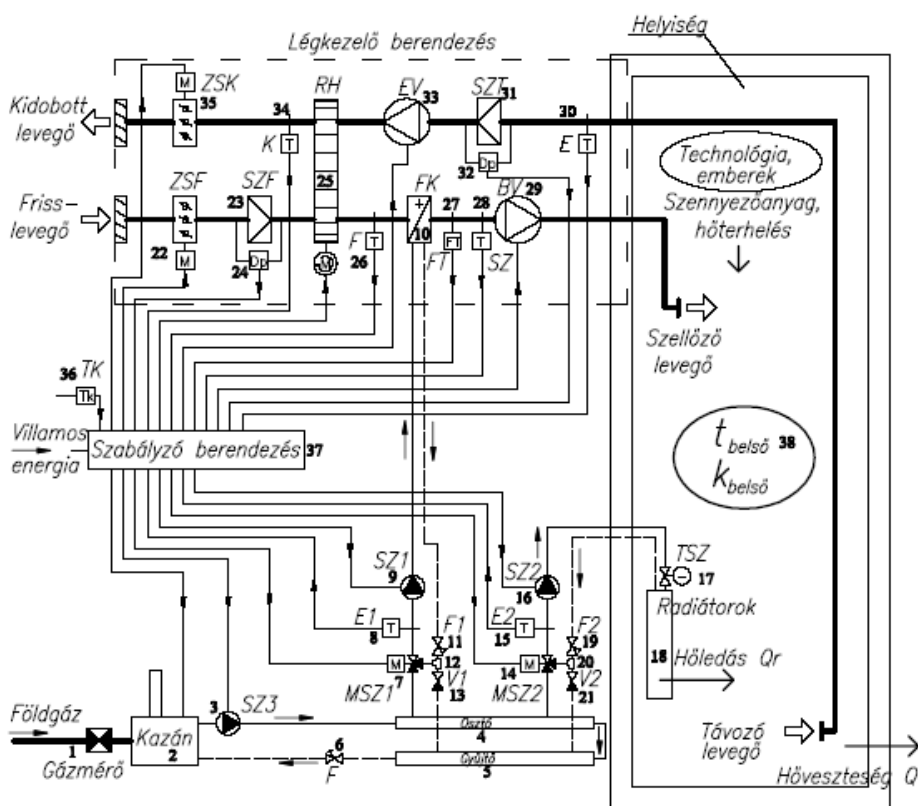
A frisslevegő útja a légkezelő készülékben: ZSF motoros zsalu, SZF szűrő, RH rotációs regeneratív hővisszanyerő frisslevegő oldala, F hőmérsékletérzékelő, FK melegvizes léghevítő, FT fagyvédelmi termosztát, SZ hőmérsékletérzékelő, BV befúvó ventilátor, majd a levegő bevezetésre kerül a helyiségbe. A helyiségből távozó levegő a légkezelő berendezésben a következő elemeken halad keresztül: E jelű hőmérsékletérzékelő, SZT szűrő, EV elszívó ventilátor, RH rotációs regeneratív hővisszanyerő távozó levegő oldala, K hőmérsékletérzékelő, ZSK motoros zsalu, levegő kidobás a szabadba.

A szabályzó berendezés biztosítja a rendszer összehangolt működését a következő főbb funkciókkal.

A TK külső hőmérséklet függvényében a kazán fűtővíz hőmérsékletének beállítása, az SZ3 szivattyú indítása.

A szellőző levegő hőmérsékletének értéktartó szabályozása, vízdali beavatkozással. Az FK léghevítő fagyvédelmének biztosítása. RH hővisszanyerő szabályozása. Szűrők eltömődésének figyelése, ventilátorok vezérlése.

A radiátoros fűtési kör központi szabályozása. A külső hőmérséklet függvényében meghatározott hőmérsékletű fűtővíz biztosítása.



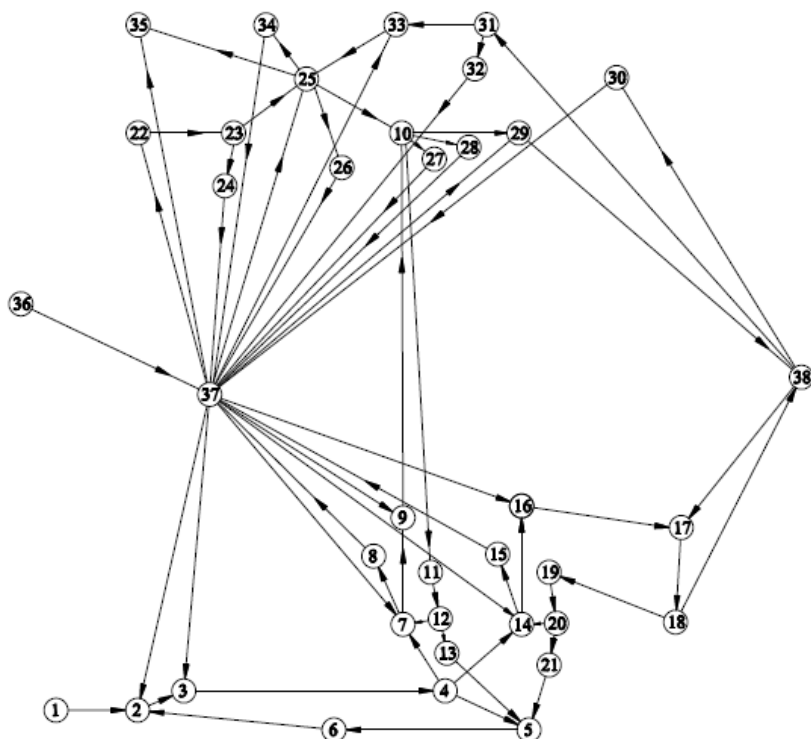
1. ábra Az épületgépészeti rendszer elvi felépítése

3. GRÁFMODELL FELÁLLÍTÁSA

A rendszerelemek közötti szövevényes kapcsolatokat a rendszerre illeszkedő irányított gráffal ábrázoljuk. A gráf csúcsai az egyes rendszerelemek, az 1. ábrán feltüntetett sorszámokkal jelölve. Az élek a szomszédos rendszerelemek közötti kapcsolatot reprezentálják, irányításuk megegyezik a két elem között a jel terjedési irányával. Például az 1. gázmérő a 2. kazánnal szomszédos, a jel terjedési iránya a gáz áramlási irányával megegyező, ezért az 1. és 2. csúcsok közötti él kezdőpontja az 1., végpontja a 2. csúcs. A 38. csúcs a helyiség belső légállapota, hatással van a 17. termosztatikus szelepre, amely befolyásolja a 18. radiátor hőleadását, amely viszont hatással van a 38. belső légállapatra, mert befolyásolja a helyiség hőmérsékletét. Ily módon ez a három csúcs zárt élsorozatot alkot, azaz a 38. csúcsból kiinduló jel visszajut a kiindulási pontba, amint azt a 2. ábra mutatja.



2. ábra Zárt élsorozat irányított gráfban



3. ábra A vizsgált rendszer kapcsolati gráfja

Bonyolult rendszerek esetében az alkalmazott módszer előnye, hogy csak a szomszédos elemek közötti kapcsolatok figyelembevételével felállítható a kapcsolati gráf, és matematikai módszerekkel lehetséges az elemek hálózatában kialakuló kölcsönhatások teljeskörű feltérképezése. A vizsgált rendszer kapcsolati gráfmodellje a 3. ábrán látható.

Az irányított gráf A -val jelölt szomszédossági mátrixa az (1). egyenlet szerinti.

[illegible]

4. AZ ELÉRHETŐSÉGI MÁTRIX

Adott rendszer gráfelméleti vizsgálatánál a fő feladat az elérhetőségi mátrix létrehozása. Ez a mátrix megmutatja, hogy adott elem anomáliája hatással van-e valamely másik elem működésére. A [3] irodalom alapján az elérhetőségi mátrixot a szomszédossági mátrix hatványainak segítségével tudjuk meghatározni.

$$H_k = \sum_{n=1}^k A^n \quad (2)$$

A hatványmátrixok összegével kapott \mathbf{H}_k összegmátrix $a_{ij}^{[k]}$ eleme azt adja meg, hogy legfeljebb k lépésben az i -edik szögpontról a j -edikbe hány úton lehet eljutni.

Mivel egy m szögpontból álló gráfban a leghosszabb lehetséges élsorozat maximum m élből állhat, amely minden hozzátartozó szögpontot csak egyszer érint, a hatványozást és az összegzést m -szer kell elvégezni. Vizsgálatunk szempontjából a kérdés az, hogy adott elem működése befolyásolja-e egyáltalán valamely másik elem működését, tehát az nem lényeges, hogy hány lépés múlva jelentkezik a hatás. Ennek megfelelően képezzük a \mathbf{H}_m összegmátrixból az \mathbf{S}_m szignummátrixot, amely egyenlő lesz az m szögpontból álló gráf \mathbf{Z}_m elérhetőségi mátrixával.

$$Z_m = S_m = \text{sign}H_m \quad (3)$$

Amennyiben Az elérhetőségi mátrix i -edik sorának j -edik eleme 0, az azt jelenti, hogy az i -edik elem nem befolyásolja a j -edik elem működését, viszont ha értéke 1, akkor az i -edik elem hatással lehet a j -edik elemre.

A vizsgált rendszer szomszédossági mátrixát felhasználva a számításokat *MATLAB* programmal végeztük el. A kapott 38x38-as méretű elérhetőségi mátrixot adja meg a (4) egyenlet.

[illegible]

5. A KAPOTT EREDMÉNY ÉRTÉKELÉSE

Az elérhetőségi mátrix 1. és 36. oszlopának minden eleme nulla. Ez azt jelenti, hogy az 1. és 36. elemekre a rendszer többi eleme nem gyakorol hatást. Az 1. elem a gázmérő, a 36. elem a TK külső hőmérsékletérzékelő.

Az elérhetőségi mátrix 35. sorának minden eleme nulla. Ez azt jelenti, hogy ennek az elemnek a működése nincs hatással a rendszer többi elemének működésére. A 35. elem a légkezelő levegő kidobó ágában lévő ZSK motoros zsalu.

A fentiek kivételével az elérhetőségi mátrix valamennyi eleme 1, azaz 35. elem kivételével valamennyi rendszerelem anomáliája végighaladva a rendszeren, az 1. és a 36. elemet kivéve, minden más elem működésére hatást gyakorol.

Még egyszer rátekintve az 1. ábrára, ez érthető, hiszen a rendszerünk több zártláncú alrendszert tartalmaz, mint például a fűtési rendszer áramkörei, amelyekben a hőhordozó közeg cirkulál, vagy a légkezelő berendezés, ahol a hővisszanyerő és a helyiség teszi zárttá a frisslevegő és a távozó levegő rendszerelemei alkotta láncolatot. A szabályzó berendezés és helyiségben kialakuló egymásra hatások miatt ezek a zártláncú alrendszerek többszörösen egymásba ágyazódva kölcsönhatásban vannak egymással.

A vizsgálat során kapott elérhetőségi mátrix éppen ezt fejezi ki.

Az üzemeltetés, diagnosztika, hibakeresés, részterheléses üzemállapotok vizsgálatakor a fentieket célszerű figyelembe venni, azonban tekintettel kell lenni arra, hogy a vizsgálat nem tért ki a kölcsönhatások jellegére, azok mennyiségi, minőségi vonatkozásaira, csak a rendszerelemek egymásra gyakorolt hatásának tényét volt hivatott feltárni.

6. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Anrásfalvi B., Gráfelmélet, Polygon, Szeged, 1997., pp. 174.
- [2] Fazekas F., Alkalmazott matematika II., egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1997., pp. 347.
- [3] Pokorádi L. Rendszerek és folyamatok modellezése, Campus Kiadó, Debrecen, 2008., pp. 251.

GRAPH-THEORETICAL INVESTIGATION OF MULTIPLE BUILDING INSTALLATION SYSTEM

The paper shows possibilities of use of graph-theoretical method to determine interconnection between integrated system's elements in case of a multiple building installation system investigation.

GÉPJÁRMŰ FOGYASZTÁS MEGHATÁROZÁSÁNAK BIZONYTALANSÁGA A FUTOTT KILOMÉTEREK KÉRDÉSE

MOLNÁR Boglárka

Debreceni Egyetem, Műszaki Kar
Műszaki Menedzsment és Vállalkozási Tanszék
4028 Debrecen, Ótemető u. 2-4
bogi.molnar@gmail.com

KIVONAT

Napjainkban az egyik legelterjedtebb közlekedési forma az autós közlekedés. Az aktuális fogyasztás meghatározásához az úgynevezett „tele tank” módszert tudjuk használni, mely egy egyszerű modellnek tekinthető. Azonban a gépjárművek futott kilométereinek pontossága bizonytalansági forrásként merülhet fel elemzésünkkel. A tanulmány célja, hogy egy hétköznapi példán keresztül bemutassa a technikai rendszerek modellvizsgálatának parametrikus bizonytalanságát.

Kulcsszavak: modellezés, bizonytalanság elemzés, parametrikus bizonytalanság

1. BEVEZETÉS

A modell olyan a tudományos kutatásban használt fogalom, amely megfogalmazott hipotéziseket vagy hipotézis-rendszereket jelent. Pokorádi [3] szerint úgy értelmezzük a modellt, hogy az egy valóságos rendszer egyszerűsített, lényegi tulajdonságokat kiemelő kicsinyített vagy nagyított mása, amely mindazon jellemzőket figyelmen kívül hagyja, ami a vizsgálat szempontjából nem meghatározó. Modellezésen a vizsgált valóságos rendszer lényegi tulajdonságainak valamilyen formájú leképezését értjük. Akkor jó a modell, ha a predikciói egybevágóak a közvetlen tapasztalatokkal, vagyis úgy viselkedik, ahogy a modellezni kívánt rendszer.

A rendelkezésre álló információk, adatok bizonytalansága megakadályozhatja a helyes modell felállítását, a pontos adatok meghatározását és a felesleges információk kiszűrését. Mivel csak az a modell tekinthető jónak a vizsgálat szempontjából, amely megfelelő pontossággal figyelembe veszi és előnyben részesíti a fontos paramétereket, összefüggéseket, valamint peremfeltételeket, de elhanyagolja azokat a másodlagos jellemzőket, amelyek nem meghatározóak a vizsgálatban, és amik gátolhatják, akadályozhatják a modellezés sikerességét. Ezért rendkívül fontos a modellezés tudományában a bizonytalanság elemzése, amely információt ad a kapott válaszok hibahatáraitól, illetve a modell eredményeinek megfelelő, elfogadható szintjéről.

Bagyinszki és Bitay szerint a félempirikus (vagy részben empirikus) matematikai modellek szintén fizikai, mechanikai összefüggéseken alapulnak, de valamilyen mért vagy tapasztalati alapokon nyugvó bizonytalanságot tartalmaznak [1].

A hétköznapi életben is sokszor találkozunk egyszerű modellekkel, melyek valamilyen szintű bizonytalansággal bírnak. Ilyen például a gépkocsink üzemanyag fogyasztásának vizsgálata, ami sok tényezőtől függ. A gyártók ezt a paramétert közlik is minden típusra (például [4] irodalom). A legegyszerűbb fogyasztás meghatározási mód az úgynevezett „tele tank” módszer. Ekkor a környezeti paramétereken túl,

befolyásolja az aktuális fogyasztást a tele tankolás „mértéke”, illetve a napi kilométer számláló „pontossága”. Jelen dolgozatban most csak ez utóbbi hatását elemezzük.

A cikk az alábbi fejezetekből áll: A 2. fejezet a modellezési bizonytalanság felmerülését, a parametrikus bizonytalanság értelmezését és elemzési módját tárgyalja. A 3. fejezetben a bizonytalanságelemzés egy hétköznapi példán keresztül kerül bemutatásra.

2. A MODELLEZÉSI BIZONYTALANSÁG

Minden matematikai modell felállításakor, valamint a kísérletezésnél kapott eredmények elemzésekor számolnunk kell valamilyen fajtájú és mértékű bizonytalansággal, ami a pontatlanságot eredményezheti.

Mint ahogy már a bevezetésben olvasható volt, a matematikai modellezés fő feladata a valós technikai, fizikai rendszerben lejátszódó folyamatok, jelenségek a lehető legpontosabb modelljeinek felállítása. Pokorádi [3] könyvében foglalkozik ezzel, megállapítja, hogy a mérnöki gyakorlatban gyakran nem kellően megbízható, vagy megfelelően pontos a rendelkezésre álló információ, mivel leginkább töredékes, félreérthető, pontatlan adatokkal kell dolgoznunk, amiket tapasztalatok, tervek, mérések, megfigyelések, vagy szakértői ismeretek alapján kaphatunk meg. Ezekhez még hozzájárulhatnak azok a befolyásoló tényezők, amik még jobban ronthatják a rendelkezésünkre álló adatok pontatlanságát, megbízhatóságát. Ilyen tényezők például a gyártás és üzemeltetés során bekövetkező emberi tévedések, hibák, valamint a környezet paramétereinek sztochasztikus változásai is. Ezeket a jelenségeket összegezve bizonytalanságnak nevezzük.

A bizonytalanság osztályozás megkülönböztet parametrikus („aleatory uncertainty”, illetve „parameter uncertainty”) és ismereti („epistemic”) bizonytalanságot annak forrása alapján. Ez a csoportosítás alkalmas megkülönböztetést ad a redukálható -, és a nem redukálható bizonytalanság között.

Szubjektívként fogható fel az ismereti bizonytalanság, amely a modellezéssel szembenálló okok sorozataként vezethető be. Ilyen ok például az információhiány, mely akadályozó tényezőként léphet fel a helyes modell meghatározásában.



1. ábra Bizonytalanságelemzési módok (forrás: [3])

A parametrikus bizonytalanság – ezzel szemben – elsődlegesen az objektivitáshoz

kapcsolható. Ennek következeként megállapítható, hogy a parametrikus bizonytalanság megfelelő módszerekkel modellezhető és feldolgozható. Az 1. ábra alapján alapvetően két eltérő módon oldható meg a parametrikus bizonytalanság tudományos szintű elemzése.

A [2] irodalom szerint az első elemzési mód az, amikor a gerjesztések (inputok) bizonytalansága következtében fellépő összes lehetséges rendszerválaszokat (outputok) a lehető legpontosabb intervallum értékekkel határozzuk meg. Ezzel lényegében azokat a tényeket vesszük figyelembe, hogy a paraméterek nem egy adott, diszkrét értékkel rendelkeznek, hanem bizonyos intervallumon belül találhatók.

A másik alapvető módszer az, amikor a környezet gerjesztéseinek minden lehetséges eleméhez valamilyen valószínűségi eloszlást rendelünk. Ha a lehetséges rendszerválaszoknál szubjektív valószínűségekkel találkozunk, akkor ezeket a valószínűségi értékeket, mint intervallumokat adjuk meg. Ekkor úgynevezett másodrendű bizonytalansági modellekről beszélünk. Gyakoribb esetben ismertek az adatok valószínűségi eloszlásai, akkor elméletileg mindegyik alternatíva következményeinek eloszlásait is tudhatjuk. Ez a vizsgált rendszer vagy folyamat kvalitatív tulajdonságainak valószínűségi eloszlását jelenti.

3. PARAMETRIKUS BIZONYTALANSÁGELEMZÉS EGY PÉLDÁN KERESZTÜL

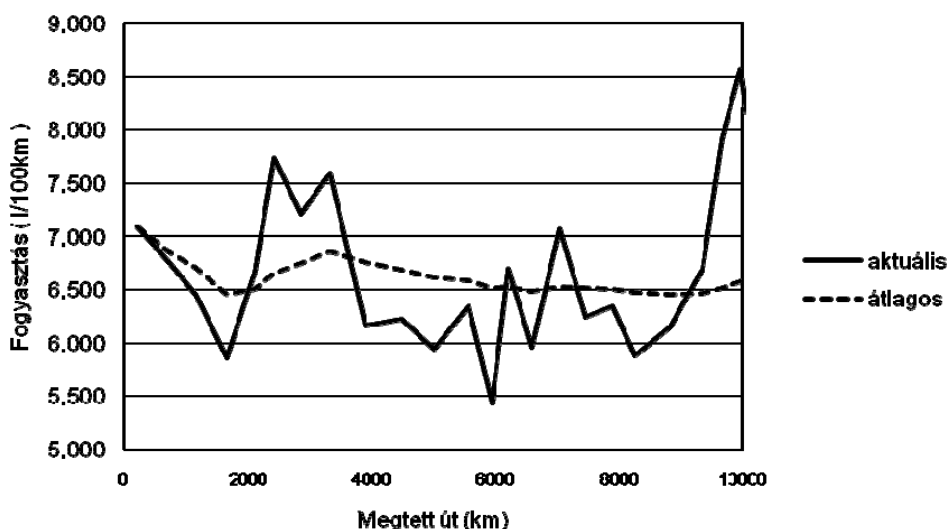
A fejezetben egy egyszerű, hétköznapi példán keresztül kerül bemutatásra a parametrikus bizonytalanság értelmezése és egyben elemzése is.

Manapság már az egyik legelterjedtebb közlekedési forma az autós közlekedés, ezért kevés embernek ismeretlen az a tankolási módszer, melyet rövidebben „tele tank” módszernek nevezünk. Ennek alapvetően az a lényege, hogy minden egyes üzemanyag feltöltésnél teletankoljuk az autót. A „napi” kilométeróra nullázásával könnyebben nyomon tudjuk követni a megtett kilométereket, valamint kiszámíthatjuk az aktuális fogyasztást is. De jogosan felmerülhet bennünk a kérdés: Vajon mennyire ad pontos értékeket ez a módszer? Természetesen a fogyasztás mértéke több befolyásoló tényezőtől is függ, de mégsem ez az, ami felkeltette az érdeklődést műszaki szempontból.

Az előbb feltett kérdésben meg is fogalmazódott a probléma, miszerint a „tele tank” módszer pontosságát és megbízhatóságát vontuk kérdőre. A probléma elemzése érdekében méréseket végeztünk. A mérés lényege az volt, hogy általános helyzetet felállítva, minden mérési adat pontos felvételével meg tudjuk vizsgálni ezt a szituációt.

A helyzet a következő volt: egy újonnan, szalonból kihozott autón végeztük a méréseket, melyek abból álltak, hogy minden egyes üzemanyag feltöltés előtt felvettük az adatokat, majd teletankoltuk az autót, a kilométerórát nulláztuk és újraindult a mérés.

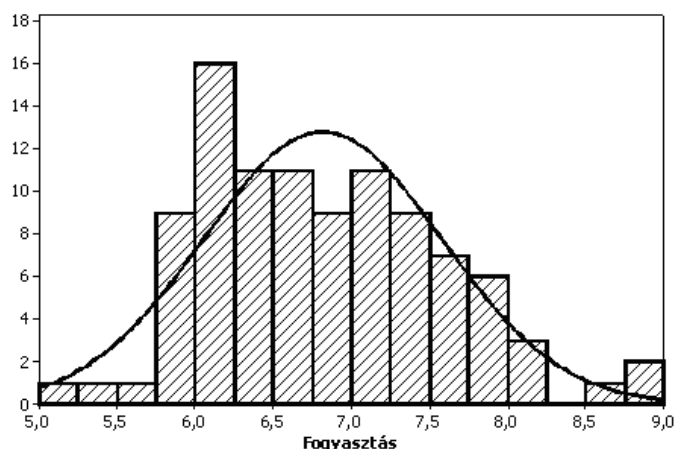
A 2. ábrán megfigyelhetjük a mérések eredményeit. A diagramból jól látható, hogy míg a pillanatnyi fogyasztás elég nagy differenciákat mutat, addig az összfogyasztás görbéje az eleinte nagyobb kilengések után egyre csökkenő amplitúdójú függvényt jellemez, egy közelítő intervallumon belül halad.



2. ábra Fogyasztások változása a futott kilométerek függvényében

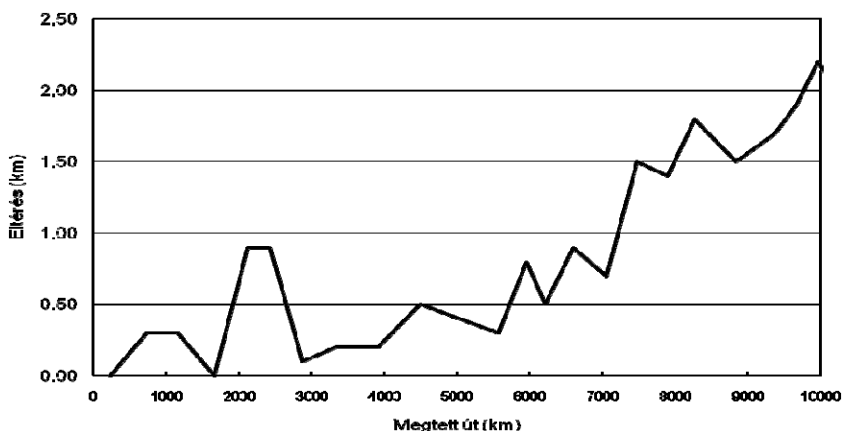
Ezen kívül az eltérések abból adódtak, hogy minden tankolásnál jelentkezett egy eltérés az összfutott kilométerek és a kilométeróra számláló értékeinek összegzése között. Ezek az eltérések eleinte kis értékűek voltak, de minél több lett a futott kilométer és a tankolások száma, annál jobban növekedtek ezek az eltérések, míg közel 10000 futott kilométernél körülbelül 0,022%-os abszolút eltérés van jelen, ami esetünkben 2,2 kilométert jelent. Felmerül a kérdés: Hová tűnt 2200 méter? Mivel magyarázható ez?

Ez a rendszer egyik parametrikus bizonytalanságával magyarázható, ami több műszaki kérdést vonhat maga után. A „tele tank” módszeres modellezés egyik bizonytalansági forrása az, hogy a digitális napi számláló tized kilométerenként vált és az azutáni digitális jelek tizedes jel utáni értékeit a lenullázásakor eldobja.



3. ábra Fogyasztási hisztogram

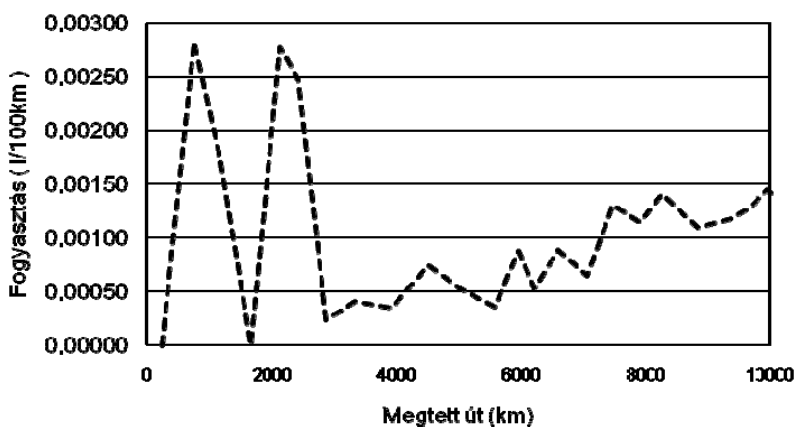
Mivel ez belső jellemzők parametrikus bizonytalansága, vizsgálatához intervallumelemzés alkalmazható. E módszer lényege matematikai összefüggések segítségével a relatív minimális-, és maximális értékeinek meghatározása. Jelen példában a fogyasztási hisztogram (3. ábra) megmutatja a fogyasztás értékeit. A diagram alátámasztja a számítások eredményeit, miszerint az intervallum minimuma 5,079, maximuma 8,931 liter/100km.



4. ábra. Kilométer-eltérés diagram

Valószínűségi módszerek alkalmazása szintén felhasználható parametrikus bizonytalansági elemzéshez. Ekkor példánkban a számítások azt eredményezték, hogy az átlagfogyasztás 6,8158 liter/100km, a szórás pedig 0,7635 liter/100km.

Használhatunk korlátozási megközelítést (PBA – Probability Bounds Analysis) a valószínűségi számításokhoz is. Ekkor normál eloszlást feltételezve és a 3 szigma szabályt alkalmazva a fogyasztás várható értéke 7,005, szórása 0,042 liter/100km lesz.



5. ábra Fogyasztás-eltérés diagram

Az első 10.000 km-ig terjedő intervallumot továbbvizsgálva a futott- és napi

kilométerek összege közti különbséget szemlélteti az 4. ábra.

A következőkben a fogyasztások eltéréseit vizsgáltuk meg. Az 5. ábra az aktuális fogyasztások összege és a kilométeróra-állás szerinti fogyasztás-eltérést ábrázolja 10.000 km megtett útig. A grafikon jól szemlélteti azt a már előre várt eredményt, hogy a kezdeti szakaszban nagy eltérés ingadozás van jelen, majd annak mértéke csökken, de a megtett út függvényében növekszenek az eltérések is.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány a gépjármű fogyasztásának bizonytalanságát, ezen belül a futott kilométerek számlálóinak pontossági kérdését mutatta be, mint determinisztikus parametrikus bizonytalanságot. A [2], [3] irodalmak és a tanulmány alapján az a fontos konklúzió vonható le, hogy a technikai rendszerek modellvizsgálatával együtt jár annak valamilyen mértékű és formájú bizonytalansága. Ezért a rendszert, mint modellt elemezni kell hatékonyságának és alkalmazhatóságának érdekében. A későbbi tanulmányokban a fenti kérdéseket fogjuk vizsgálni, különféle elemzési módokkal szemléltetve.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Bagyinszki Gyula-Bitay Enikő (2007), Bevezetés az anyagtechnológiák informatikájába Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, pp. 213.
- [2] Pokorádi, L. (2008), Determinisztikus Matematikai Modell Parametrikus Bizonytalanságának Elemzése 14th „Building Services, Mechanical and Building Industry days” International Conference,
- [3] Pokorádi, L. (2008), Rendszerek és folyamatok modellezése, Campus Kiadó, Debrecen, pp.242. (ISBN 978-963-9822-06-1)
- [4] Swift. Suzuki Swift Műszaki Adatok, <http://www.suzukitafak.hu/swift-muszaki.html>

UNCERTAINTY OF AUTOMOBILE FUEL CONSUMPTION MEASUREMENT THE QUESTION OF THE DRIVEN DISTANCES

Travelling by car is one of the most widely used ways of transportation today. The current fuel consumption rate can be easily determined by the so-called „full tank” method, although, the accuracy of the measured distance must be taken into account as a source of uncertainty in the analysis. In this paper, the parametric uncertainty of the model analysis of technical systems is demonstrated on an everyday example.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Jelen tanulmány elkészítését a Debreceni Egyetem Műszaki Kara demonstrátori pályázattal (AMK/276/2009.) támogatta, melyet ezúton köszön meg a Szerző.

A SHORE-KEMÉNYSÉG ÉS A GUMIALKATRÉSZEK VÉGESELEMES VIZSGÁLATÁNAK KAPCSOLATA

SZABÓ Gábor – MANKOVITS Tamás

Debreceni Egyetem Műszaki Kar
4028 Debrecen, Ótemető u. 2-4.
gaben777@index.hu
tamas.mankovits@mfk.unideb.hu

KIVONAT

A cikk gumialkatrészek vizsgálatával foglalkozik. Jelen kutatás célja az iparban használatos gumik laboratóriumi mérésének és a végeselem-módszer elvein alapuló numerikus vizsgálatok összehasonlítása a Shore-keménységmérés felhasználásával. Mivel a magyar nyelvű irodalomban kevés cikk foglalkozik gumianyagok komplex mechanikai vizsgálataival, így a dolgozat röviden összefoglalja az elemzésekhez szükséges alapismereteket, valamint a végeselem-módszer hiperelasztikus anyagokra vonatkozó megállapításait. A cikk vége ismerteti a mérések és a numerikus vizsgálatok kapcsolatát.

Kulcsszavak: gumi, Shore-keménység, végeselem-módszer

1. BEVEZETÉS

Amikor műszaki alapanyagokról beszélünk általában a nagy szilárdságú és merevségű fémek jutnak az eszünkbe. Számos alkalmazás van viszont, amikor egyéb fontos tulajdonságok is előtérbe kerülnek, ilyen a rugalmasság, a hajlékonyság, a tapadás, melyeknek éppen a nagy szilárdságú és magas merevségű alapanyagok nem felelnek meg teljes mértékben. A közel másfél évszázada ismert gumit az élet számos területén alkalmazzák.

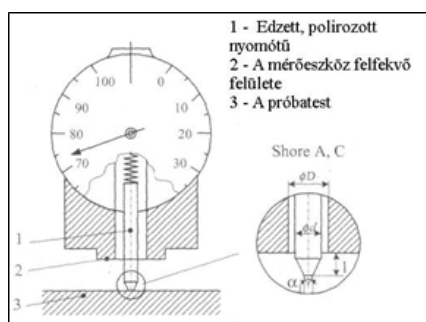
Jelenleg is számos kutató foglalkozik a gumik minél tökéletesebb leírásával. Térfogat állandóságának és nagy alakváltozásra való képességének köszönhetően ez egy rendkívül komplex feladat. Ahhoz, hogy a gumianyagokat jól lehessen kezelni, a kontinuummechanikai ismereteinken túl nagy hangsúlyt kell fektetni az anyag megfelelő paramétereinek beállítására. Számos anyagmodell ismert, amelyek nehezen meghatározható paramétereket alkalmaznak (Mooney-Rivlin, Neo-Hooke, Ogden, Arruda-Boyce). Jelen kutatás célja, hogy egy végeselem szoftver fejlesztők által írt cikk alapján megvizsgáljuk, hogyan függnek az előbb említett anyagparaméterek a jól ismert Shore keménységméréstől, illetve milyen tényezők befolyásolják a gumialkatrészek keménységét a gyártás során.

2. SHORE-FÉLE KEMÉNYSÉGMÉRÉS

A keménység a szilárd anyagok tulajdonsága és egyfajta eredő jellemző, azaz az anyag adott állapotát eredményező technológiai műveletek hatásai minősíthetők vele, illetve arányban áll a rugalmassággal, a szilárdsággal, a kopásállósággal; fordítottan arányos a képlékenységgel, a szívósággal és a csillapítóképességgel. A keménység azzal az ellenállással jellemezhető, amit a szilárd anyagok kifejtene a beléjük hatoló, illetve velük kölcsönhatásba kerülő keményebb vizsgálószerszámmal szemben.

A gumi keménységének jellemzésére a Shore-féle keménységi mérőszámot használják Shore A). Mérésére külön műszer szolgál. A műszerből csonkakúp vagy kúp alakú tű áll ki, 2.54 mm távolságra. A Shore-keménységmérő készüléket a vizsgálat során kézzel, vagy egy célszerű eszközzel a próbatest felületéhez nyomjuk. A készülékből kiálló, rugóerővel terhelt nyomótű a próbatestet rugalmasan deformálja. A tűt nyomó rugó ereje két érték között változik, miközben az a gumi keménységétől függően kisebb vagy nagyobb mértékben a gumiba benyomódik. A mutatót mozgó karrendszer és a skála úgy van kiképezve, hogy kisebb benyomódáshoz nagyobb számérték tartozzék, mert ellenkező esetben nem a keménységet, hanem a lágytságot mérné a műszer. A mérőszám a készülék 100 részre osztott skálájáról közvetlenül leolvasható, ahol az abszolút kemény test Shore-keménysége 100, ekkor a tű egyáltalán nem hatol az anyagba.

A műszerrel 4 mm-nél vastagabb, tetszőleges alakú gumi keménysége mérhető. A Shore-keménységmérés nemcsak gumiknál, hanem a műanyagoknál is használható. Gumik esetén a keménységértéket a műszer mintához szorítását követően 3 másodperccel, a folyást mutató próbatesteknél egy előírt hosszabb idő után, például 15 másodperc múlva olvassuk le. Szabványos körülmények között a vizsgálatot 20°C-on kell elvégezni. A gumit keménynek nevezik ha keménysége > Shore A 85 és lágynak ha az < Shore A 40. Rugók gyártására az Shore A 50-80 keménységű gumikat használják.



1. ábra A Shore-féle keménységmérés elve és korszerű műszere

A Shore-keménységmérőknek igen sok típusa létezik. A négy legfontosabb és alkalmazási területeik:

Típus	Szerszám	Max. rugóerő [g]	Alkalmazás
A	Csonkakúp ($\alpha=30^\circ$)	822	lágy vulkanizált gumik, kaucsuk
B	Kúp ($\alpha=35^\circ$)	822	mérsékelten kemény gumik
C	Csonkakúp ($\alpha=30^\circ$)	4500	közepesen kemény gumik
D	Kúp ($\alpha=35^\circ$)	4500	kemény gumik

1. táblázat Shore keménység típusai és alkalmazásai

Előnye a széles körű elfogadottsága és elterjedtsége. A kisméretű, egyszerű műszerek alacsony költséggel párosulnak, valamint az eljárás könnyű kezelhetőséget

és jó ismételhetőséget biztosít.

Hátránya, hogy kisméretű darabokon, nem vízszintes felületeken valamint 2mm-nél vékonyabb anyagon nem használható. Ezenkívül még komoly hátránya, hogy kézi szorítás alkalmazásakor az 1. táblázatban megadott súlyterhelés bizonytalanná válhat, illetve a nyomótű próbatestre merőleges helyzete nem biztosított. Ezek a problémák állványos vizsgálóeszközzel kiküszöbölhetők.

3. A GUMIKRÓL ÁLTALÁBAN

A guminak az acélhoz viszonyítva nagyságrendekkel kisebb rugalmassági modulusa 1 és 300 MPa között mozog, míg az acélé $\approx 2,15 \cdot 10^5$ MPa. Ennek ellenére viszonylag nagy teherbírású. Az acéllal való összehasonlításakor szembetűnő nagymérvű rugalmassága, amely abban mutatkozik meg, hogy bár szakítószilárdsága 25 és 35 MPa közé esik, nyúlása viszont elérheti a 600-900 %-ot is, melynek nagy része rugalmas nyúlás. Egy közepesen lágyacél viszont kb. 550 MPa szakítószilárdságú és emellett legfeljebb 25 % nyúlást tud elszenvedni, melynek jó része képlékeny alakváltozás. Tudni kell, hogy a gumi nagy rugalmas deformálhatósága viszont csak az alakváltozására értendő, de térfogatváltozására nem. Egy teljesen körülzárt gumitömb gyakorlatilag összenyomhatatlan, inkompresszibilis. E tulajdonságát fontos ismerni gumirugós szerkezetek kialakításánál, mert különben könnyen rugózásra képtelen szerkezetet nyerünk. A számításoknál figyelembe kell venni az alaktényezőt, ami a deformációban gátolt felület és a deformációra képes felület aránya.

A gumi jellegzetesen viszkoelasztikus anyag, ami azt jelenti, hogy olyan anyag, amin állandó nagyságú terhelés időben növekvő deformációt tud létrehozni. Ezt a folyamatot nevezzük lassú folyásnak vagy kúszásnak

Ideálisan rugalmas anyagnak nevezzük az olyan anyagot, aminél az alakváltozás lineárisan változik a terhelés hatására. Azaz a $\sigma - \varepsilon$ függvény képe egyenes. De a gumi nem ideálisan rugalmas anyag, ezért a $\sigma = E\varepsilon$ nem érvényes mindig. A $\tau - \gamma$ nyírási diagram viszont lineáris, és az alaktényezőnek is csak akkor van befolyásoló hatása, ha egynél kisebb. Ezért a G csúsztató rugalmassági modulus csak a gumi összetételétől, vagyis közvetve a keménységétől függ, tehát valódi anyagjellemző. Ezért a különböző mechanikai ellenőrzéseknél illetve elemzéseknél előnyben részesítjük a csúsztató rugalmassági modulusát a Young-modulussal szemben.

4. AZ E , G ÉS A SHORE A KEMÉNYSÉG KAPCSOLATA

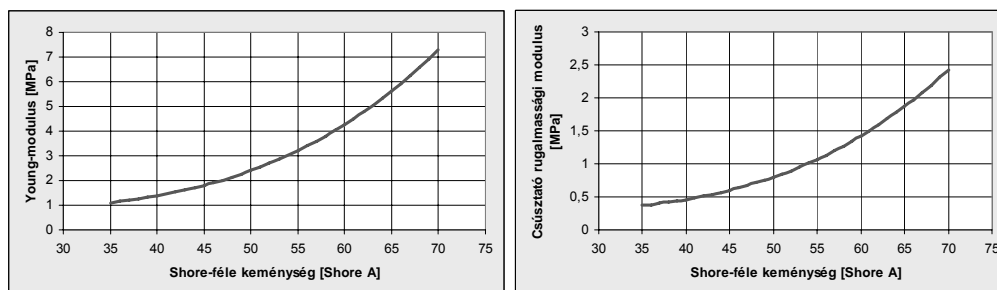
A Young modulus és a csúsztató rugalmassági modulus között a kapcsolat a közsímet $E = 2 \cdot G \cdot (1 + \nu)$ képlettel írható le. Meg kell vizsgálni, hogy gumi anyagok esetén miben módosul ez a képlet. Ideális, 100%-ban kaucsuk anyagú gumi esetén a $\nu = 0,5$. Ekkor teljesen összenyomhatatlan. A gyakorlatban nem létezik tökéletesen összenyomhatatlan anyag, ezért a $\nu = 0,49 - 0,49999$ közé esik. A képlettel szemben a másik kikötés, hogy csak kis alakváltozások ($\Delta l < 5\text{mm}$) esetén érvényes. Így kijelenthető, hogy $E \approx 3G$.

A gyakorlati életben a Young-modulust, és a csúsztató rugalmassági modulusát a Shore A értékek alapján határozzák meg, ezért ez azt jelenti, hogy rendkívül sok

mérési eredmény áll a kutatók rendelkezésére. A mért adatokat táblázatba foglalták, amelyből a számunkra fontos adatokat a 2. táblázatban foglaltuk össze. Az összefüggések alapján előállítható a Shore A és a G és E kapcsolata grafikusan.

Shore A	E [MPa]	G [MPa]	μ [MPa]	μ_{10} [MPa]	μ_{01} [MPa]
35	1,102	0,406	0,203	0,162	0,041
40	1,381	0,452	0,226	0,181	0,045
45	1,8	0,581	0,29	0,232	0,058
50	2,397	0,755	0,378	0,302	0,076
55	3,207	0,956	0,478	0,382	0,096
60	4,268	1,187	0,594	0,474	0,118
65	5,616	1,465	0,732	0,586	0,147
70	7,289	1,839	0,919	0,736	0,184

2. táblázat A Shore A keménység és különböző jellemzők kapcsolata



2. ábra A Shore A keménység és az E és G kapcsolata

5. VÉGESELEM-MÓDSZER GUMISZERŰ ANYAGOKRA

A végeselem módszer egy modern matematikai eljárás, amelynek alapelve az, hogy tetszőleges geometriájú tartományt (alkatrészt, vagy fizikai teret) kis tartományokra, véges méretű elemekre osztva lehet vizsgálni az azokban lejátszódó folyamatokat leíró egyenleteken keresztül. A módszer jellemzője, hogy közelítő numerikus eljárás, számítógépes alkalmazásokra fejlesztett, peremérték és variációs feladatok megoldására használható, az elemi egységeket a csomópontok adják, szerkezetek ellenőrzésére, tervezésére, fizikai folyamatok, jelenségek magyarázatára kiváló. Jelen dolgozat célja nem a kontinuummechanika és a végeselem-módszer elméleti leírása, hanem a végeselem-programrendszer használata az adott feladatra. A cikk elején említett térfogatállandóság biztosítása a gumyszerű anyagoknál a legkritikusabb. Az alakváltozási energia funkcionál térfogatállandóságot biztosító tagja a következőképpen írható fel Neo-Hooke, illetve a Mooney-Rivlin anyagmodellekre (1):

$$W(C) = \frac{1}{2} \mu (\mathbf{I}_I - 3), \quad W(C) = \mu_{10} (\mathbf{I}_I - 3) + \mu_{01} (\mathbf{I}_{II} - 3) \quad (1)$$

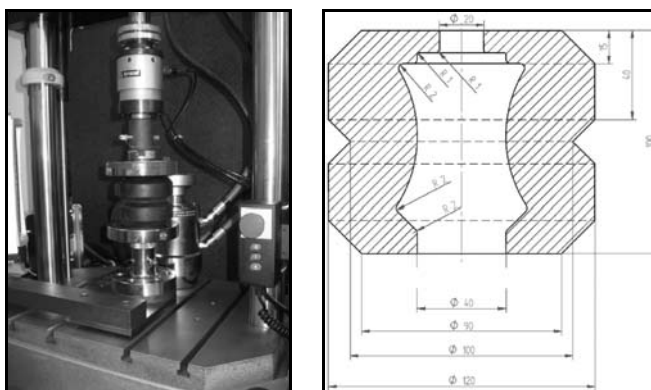
ahol μ a Neo-Hooke, míg μ_{10}, μ_{01} a Mooney-Rivlin anyagállandók, $\mathbf{I}_I, \mathbf{I}_{II}$ az ún.

jobboldali Cauchy-Green alakváltozási tenzor 1. és 2. skalárinvariánsai. Különböző keménységű gumialkatrészek numerikus vizsgálata esetén a 2. táblázatban megadott anyagállandók szereplenek a saját fejlesztésű végelem programban. A feladatunkban a hőhatások nem játszanak szerepet.

6. GUMIRUGÓ NYOMÓVIZSGÁLATA

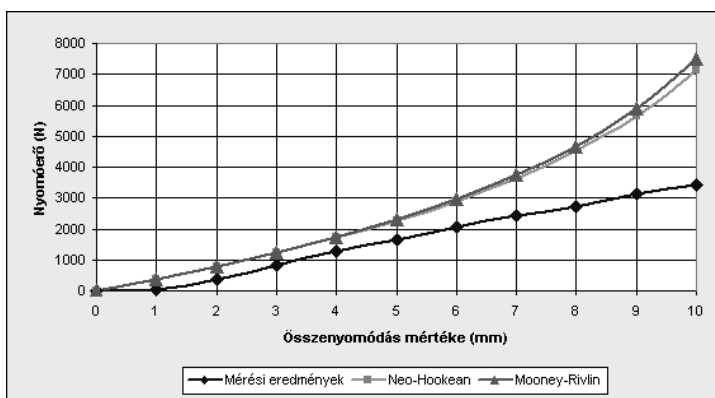
A vizsgálatokat egy Instron 8874 készüléken végeztük a Debreceni Egyetem Biomechanikai laboratóriumában. A 2004-ben üzembe helyezett, korszerű, szervohidraulikus Instron 8874 típusú, biaxiális terhelésre (25kN axiális, 100Nm csavaró irányú kapacitással), kis- és nagyciklusú fárasztásra, törésmechanikai vizsgálatokra, biomechanikai vizsgálatokra és nagysebességű dinamikus vizsgálatokra is alkalmas vizsgálógép korszakalkotó hatású az egyetemen végzett vizsgálatokban.

Teljes berendezés három fő részből áll: Maga az anyagvizsgáló gép, a hidraulikus tápegység (szivattyú) és a vezérlő elektronika.



3. ábra Az INSTRON 8874 anyagvizsgálógép és a vizsgált gumirugó alkatrészrajza

A választott gumirugót különböző előírt összenyomódásig vizsgáltuk, amelyet a számítógép kiértékelte egy erő-elmozdulás diagramban.



4. ábra A mért és számított rugókarakterisztika összehasonlító diagramja

A gumirugót digitális Shore-keménységmérővel megmértük, annak eredményeit matematikai statisztikai módszerekkel kiértékeljük. A kapott Shore-keménységhez tartozó numerikus állandók a 3. táblázatban vannak összefoglalva.

Shore A	$E [MPa]$	$G [MPa]$	$\mu [MPa]$	$\mu_{10} [MPa]$	$\mu_{01} [MPa]$
69	6,927	1,754	0,877	0,702	0,175

3. táblázat A Shore A 69 keménységű gumialkatrész paraméterei

Az 4. ábra ábrázolja a mérés és a két korábban említett rugalmas anyagmodellre kapott erő-elmozdulás diagramot.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Hely hiányában az összes kiértékelő táblázatot nem közöljük. Az eredményekből látható, hogy 7-8 mm alakváltozásig a mérés jó egyezést mutat a numerikus számításokkal. Továbbiakban a FORTRAN nyelven megírt program használható nagy alakváltozások kezelésére, melynek eredményeit célszerű lenne összehasonlítani olyan kereskedelmi forgalomban kapható végeelem-szoftverrel, amely nemlineáris problémákat – így gumikat – is megfelelően tud kezelni.

8. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Tisza Miklós: Anyagvizsgálat, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc 2005.
- [2] Tóth Laboncz József: Gépelemek III., Tankönyvkiadó, Budapest 1990.
- [3] Gál István, Kóródy László: Anyagismeret és technológia III., Tankönyvkiadó, Budapest 1983.
- [4] <http://www.kemenyseghero.hu/index.php/Shore-kemenyseghero.html>
- [5] Makhult Mihály: Gumirugók, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1963.
- [6] Kozák Imre: Kontinuummechanika, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc 1995.
- [7] Páczelt István: A végeelem-módszer, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc 1993.
- [8] Bonet, J., Wood, R.D.: Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis. Cambridge University Press 1997.
- [9] Altidis, P., Warner, B.: Analyzing Hyperelastic Materials. Midwest ANSYS Users Group, IMPACT Engineer Solutions 2005.

THE RELATION BETWEEN THE SHORE HARDNESS AND THE FINITE ELEMENT ANALYSES ON RUBBERS

The aim of the research was to determine the process how to get the material constants from the traditional Shore Hardness. This paper is concerned with the application of axially symmetric finite elements for the analysis of elastomers modeling with Neo-Hookean and Mooney-Rivlin materials. The two approaches and the measurement are compared for the analyses of a rubber buffer applied for engine mounts. The developed finite element code is able to handle nearly incompressible materials. The future work is to compare the results using commercial finite element software.

MEGEMLÉKEZÉS GYIRES BÉLÁRA SZÜLETÉSÉNEK 100. ÉVFORDULÓJÁN

LIBOR Józsefné

Szolnoki Főiskola, Üzleti Fakultás,
Szolnok, Tiszaliget
liborne@szolf.hu

KIVONAT

Az 1909. március 29.-én Zágrábban született matematika-professzor, akinek kutatási területe főként a mátrixelméletre, lineáris algebrára, valószínűségszámításra és matematikai statisztikára terjedt ki, nemrég ünnepelte volna 100. születésnapját. Oktató, kutató munkája mellett számos tudományos egyesület, intézet tevékenységében részt vett, úgymint a Biometriai Társaság, Nemzetközi Statisztikai Intézet, Bernoulli Társaság, Bolyai János Matematikai Társaság és a Neumann János Számítógép-tudományi Társaság. Kiemelkedő munkásságának elismeréseként 1980-ban Állami díjjal, 1999-ben pedig a Magyar Köztársaság Középkeresztjével tüntették ki. Debrecen város díszpolgára, valamint a Debreceni Egyetem díszdoktora címet is megkapta.

Kulcsszavak: Gyires Béla, valószínűségszámítás, matematikai statisztika, informatika-oktatás

1. ÉLETRAJZI ADATOK

Gyires Béla 1909. március 29.-én született Zágrábban és 92 éves korában, 2001. augusztus 26-án Budapesten halt meg. Édesapja tisztviselő volt a Magyar Államvasutaknál, a gyermek Gyires Béla szülővárosában járt iskolába, egészen addig, míg az I. világháború után a család át nem költözött Debrecenbe. Középiskoláit már itt fejezte be. Egyetemi tanulmányai végén a Budapesti Pázmány Péter Egyetemen szerzett diplomát, doktori címet a Magyar Királyi József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen kapott 1941-ben. 1945-ben, a II. világháború után visszatér Debrecenbe, ahol a Debreceni Tudományegyetem Matematika Tanszékén (amit akkor Matematika Szemináriumnak neveztek) kapott intézeti tanári állást Varga Ottó professzor mellett. 1946-ban magántanárrá nevezik ki, és haláláig, 55 éven keresztül tevékenykedett a Matematikai és Informatikai Intézet megalapításán és a kutató- és oktatómunka fejlesztésén. 1953-ban megszerzi a Matematikatudományok kandidátusa, majd 1962-ben a Matematikatudományok doktora címet. A Magyar Tudományos akadémia 1987-ben levelező, majd 1990-ben rendes taggá választotta. Utolsó éveikre feleségével Budapestre költöztek, hogy közelebb legyenek gyermekeikhez. Lánya, Klára a gyógyszer-tan professzora, fia, Tibor pedig a számítógéptudomány professzora. 2000-ben meghal szeretett felesége, majd egy évvel később, hátrahagyva néhány befejezetlen elképzelést, Ő is távozik.

2. TUDOMÁNYOS ÉS OKTATÓ TEVÉKENYSÉGE

Gyires Béla az egyik meghatározó egyénisége volt azon fejlődésnek, melynek nyomán megalakult, majd nemzetközi hírnévre tett szert a Matematikai és Informatikai Intézet a Debreceni Egyetemen. A korábban egy-két professzorral működő Matematikai Szemináriumból mára egy több, mint 70 oktatót foglalkoztató Intézet vált, melynek

1958-tól 1974-ig volt a vezetője. Szintén az Ő nevéhez fűződik a Valószínűségszámítás és Alkalmazott Matematika Tanszék megalapítása, melyet 1952-től 30 éven át vezetett. 1967-ben szintén az Ő irányításával megalakult a Számoló Központ. 1966 és 1969 között a Kossuth Lajos Tudományegyetem (ma: Debreceni Egyetem) Természettudományi Karának dékánja. Fontosnak tartotta és - főként az Ő munkásságának köszönhetően - sikerült is elérni, hogy a felsőoktatásba bekerüljenek olyan fontos és modern szakterületek, mint a valószínűségszámítás, matematikai statisztika, számítógéptudomány és informatika. 1972-ben az Ő vezetésével indult be a Debreceni Egyetemen a programozó matematikus képzés. Matematikus hallgatók generációinak volt nagyra becsült és szeretett tanára, akik közül sokan középiskolai tanárok, egyetemi professzorok vagy kutatók lettek azóta, tovább folytatva az általa megkezdett munkát. Professzor emeritusként, számos díj és kitüntetés birtokában is irigylésre méltó energiával dolgozott még élete utolsó napjaiban is. Halálakor még voltak elfogadott, de meg nem jelent cikkei és sok-sok megvalósításra váró terv.

A széles érdeklődési körű professzor tevékenysége főként a mátrixelmélet, lineáris algebra, valószínűségszámítás és matematikai statisztika területeire terjedt ki. Fontosnak tartotta az elméleti eredmények és az alkalmazások együtt való tárgyalását. Jordán Károly irányításával – akit visszaemlékezéseiben fő tanítómesterének nevez – első munkái a biztosítási matematika néhány érdekes problémájának megoldásaival foglalkozik. Az 1960-as években további alkalmazásokat vizsgál a biológia és a mérnöki tudományok területén is. A lineáris statisztikában elért eredményeit sokszor idézik monográfiákban és tankönyvekben. Az alábbiakban a valószínűségszámítás és a matematikai statisztika területén elért főbb eredményeiből emelek ki néhányat [1] alapján:

- Van der Waerden-től származó, a kettősen sztochasztikus mátrixokra (A) vonatkozó azon sejtés bizonyítása, miszerint a $\text{per } A \geq n!/n^n$, ahol az A nxn-es valós mátrix permanensén a következő kifejezést értjük:

$$\text{Per } A = \sum_{(i_1, \dots, i_n)} a_{1i_1} \dots a_{ni_n} \quad \text{ahol a szumma a teljes szimmetria csoportra terjesztendő ki.}$$

- Kifejlesztette az elméletét a változatlan mátrix-értékű sztochasztikus folyamatoknak, ahol is a mátrix-értékű függvények játszanak fontos szerepet.

- A központi határeloszlás tétellel kapcsolatos eredményeit az „Eine Verallgemeinerung des zentralen Grenzwertsatzes” című műben publikálta.

- Gyires Béla volt az első matematikus, aki szisztematikusan vizsgálta a határeloszlásokat.

- Regresszióval kapcsolatos vizsgálataiban Linnik és Zinger munkáit fejlesztette tovább.

- Szisztematikus vizsgálatokat folytatott az eloszlásfüggvények szétbonthatóságára.

Élete végéig folytatta aktív kutatómunkáját, több, mint 100 cikke jelent meg. 84 éves korában jelenik meg a „Linear approximations on convex metric spaces and the application in the mixture theory of probability theory” című könyve, melyet felkérésre írt.

3. TUDOMÁNYOS-KÖZÉLETI MUNKÁSSÁGA

A Debreceni Egyetemen folytatott és állandóan fejlesztett oktató munka, valamint számos hazai és nemzetközi tudományos eredmények publikálása mellett, több egyesületnek, társaságnak is aktív tagja volt. Így többek között tagja volt a Biometriai társaságnak, a Nemzetközi Statisztikai Intézetnek és a Bernoulli Társaságnak is. A Bolyai János Matematikai Társulat tiszteletbeli elnöknek, míg a Neumann János Számítógép-tudományi Társaság, a TIT és a MTT tiszteletbeli tagnak választotta munkássága elismeréseként. Több nemzetközi folyóirat szerkesztőbizottságában is dolgozott, a leghosszabb időt - majdnem 50 évet - a debreceni Publicationes Mathematicae-nál segítette a folyóirat színvonalas megjelenését. Munkássága elismeréseként a Magyar Tudományos Akadémia 1990-ben rendes taggá választotta, élete végéig aktív tagja volt a Matematikai és a Számítástudományi Bizottságnak.

4. ZÁRÓ GONDOLATOK

Számos díj és kitüntetés odaítélése mutatja színvonalas és kitartó munkásságának méltányolását. Ezek közül csak néhány jelentősebb, időrendben [3]:

1980: Állami díj,

1984: Pro Universitate,

1985: Bugát Pál emlékérem,

1987: KLTE TTK emlékérem,

1988: MTESZ emléklap,

1994: Hatvani István díj,

1996: DAB plakett.

1996-ban a Debreceni Egyetem díszdoktora, illetve

1997-ben a város díszpolgára címet is megkapja.

1999-ben – 90. születésnapján – átveheti a Magyar Köztársaság Középkeresztjét. Ebből az alkalomból Maksa Gyula a Hajdú-Bihari Napló hasábjain „A matematika: filozófia és művészet” címmel interjút készít vele, ahol a tudomány igazságkereső módszereiről, tanítómestereiről és saját munkásságáról vall [2].

Halála után – gyermekei kezdeményezésére – a Magyar Tudományos Akadémia Matematikai Tudományok Osztálya, Gyires Béla méltó emlékének megörökítésére „Gyires Béla díj” alapítását határozta el. A díjban - melyet először 2004-ben ítéltek oda - két évente részesülhet az a 40 évnél fiatalabb matematikus, aki a Gyires Béla által elsősorban művelt tudományágak terén ér el kimagasló eredményt.

Az Informatikai Kar (Debrecen) 2003. óta minden évben (van, hogy évente kétszer) megrendezi a Gyires Béla Informatikai Napokat, melyeken méltóképpen folytatódik munkájának szellemisége.

Születésének 100. évfordulóján megemlékezést tartottak az Akadémián, valamint szeretett egyetemén, a Debreceni Egyetemen, ahol emléktáblát avattak és emlékkiállítást nyitottak meg a tiszteletére. Ezen kívül az Ő emlékének tiszteleg a június 8-12 között a Debreceni Egyetemen megtartandó „Probability and Statistics with Applications” című nemzetközi konferencia is.

A magas morális és etikai normával rendelkező tudósra, aki mindig tele volt gondolatokkal, ötletekkel; nagyrabecsüléssel emlékeznek tudóstársai, kollégái és volt tanítványai is.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Arató Máttyás – Fazekas István – Kormos János – Pap Gyula: In memory of Béla Gyires; Publicationes Mathematicae, Debrecen, 60. kötet 3-4. füzet (2002.) 235. – 243. oldal
- [2] Maksa Gyula: A matematika: filozófia és művészet, Gyires Béla akadémikus a tudomány igazságkereső módszereiről; Hajdú-Bihari Napló, 1999. április 27.
- [3] Pap Gyula – Rutkovszky Edéné: Gyires Béla és a debreceni informatika oktatás; megemlékező előadás

COMMEMORATION OF BÉLA GYIRES FOR HIS 100TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH

The emeritus professor of Debrecen University (earlier Kossuth Lajos University of Science) was born in Zagreb on 29. March, 1909. and he died in Budapest on 26. August, 2001. His research work embraced matrix theory, linear algebra, probability theory and mathematical statistics. Over and above his teaching and research work, he was the member of lot of committees, institutes and societies, as the Hungarian Academy of Sciences, Biometric Society, International Statistical Institute, Bernoulli Society, János Bolyai Mathematical Society, János Neumann Society of Computer Science. Professor Gyires has been awarded many prizes and distinctions, for example he was doctor honoris causa of Debrecen University and a honorary freeman of his city Debrecen. He left us about hundred papers, his book: Linear approximations in convex metric spaces and the application in the mixture theory of probability theory.

A GEOTERMIKUS ENERGIA HASZNOSÍTÁSA VILLAMOS ENERGIA TERMELÉSÉRE

KOCSIS Imre, TIBA Zsolt

Debreceni Egyetem Műszaki Kar
4028 Debrecen, Ótemető u. 2-4.
kocsisi@mk.unideb.hu, tiba@mk.unideb.hu

KIVONAT

A magas hőmérsékletű geotermikus források legfontosabb hasznosítási formája villamos energia előállítása. A cikkben bemutatjuk, az alkalmazott legfontosabb technikai megoldásokat és azt, hogy a geotermikus erőművek ma már versenyképesek lehetnek a hagyományos erőművekkel. Az utolsó részben összefoglaljuk a legfontosabb tényezőket, melyek meghatározzák a geotermikus beruházások gazdaságosságát az egyes erőműtípusok esetén.

Kulcsszavak: geotermikus energia, villamos energia, fajlagos költség

1. A VILLAMOSENERGIA-TERMELÉS LEHETŐSÉGEI, A FÖLD GEOTERMIKUS POTENCIÁLJA

A geotermikus energia hasznosítása óriási lehetőség az egész világon. Az 1. táblázat kontinensenként tartalmazza a magas és az alacsony hőmérsékletű geotermikus potenciált (forrás: International Geothermal Association, 2001). Helyes kiaknázás esetén a geotermikus energiának sok ország energiamérlegében fontos szerepe lehet.

	Villamos energia termelésére alkalmas magas hőmérsékletű geotermikus források		Csak közvetlen felhasználásra alkalmas alacsony hőmérsékletű geotermikus források (10 ⁶ TJ/év)
	Hagyományos technológia (TWh/év)	Hagyományos és kétciklusos technológia (TWh/év)	
Európa	1830	3700	>370
Ázsia	2970	5900	>320
Afrika	1120	2400	>240
Észak-Amerika	1330	2700	>120
Latin-Amerika	2800	5600	>240
Óceánia	1050	2100	>110
összesen	11200	22400	>1400

1. táblázat a világ geotermikus potenciálja

Hiba lenne azonban azt feltételezni, hogy a geotermikus energia minden energiagondot meg tud oldani, és hogy bárhol, bármilyen körülmények között kitermelhető. Ha egy területen általánosságban kedvezőek a feltételek, akkor is figyelembe kell venni az alábbiakat:

- a geotermikus erőművi technológia kiépítése sokkal drágább, mint a

- hagyományos fűtőanyaggal működtetett erőművek esetén;
- a karbantartási költségek is magasabbak;
- a geotermikus erőművek üzemeltetése speciális környezeti terhelést jelent (a káros hatások kiküszöbölésére rendelkezésre állnak az eszközök, de ezek igen költségesek).

2. TECHNOLÓGIAI HÁTTÉR

Geotermikus forrás elektromos áram termelésére való hasznosításához több technológia létezik. A geotermikus erőforrás jellemzőitől függően elsősorban a hagyományos gőzturbinás és az ún. kétciklusú erőműveket használják erre a célra.

2.1. A gőzturbinás erőművek jellemzői és alkalmazása

A hagyományos gőzturбина legalább 150°C-os folyadékot igényel. Két típusa használatos: az atmoszférikus és a kondenzációs turbina.

Atmoszférikus (ellennyomásos) turbina. Az atmoszférikus turbina a legegyszerűbb és egyben legolcsóbb megoldás. A gőz száraz kút esetén közvetlenül a kútból, nedves kút esetén a leválasztóból áramlik a turbinába, majd a légkörbe. Az atmoszférikus turbina gőzfelhasználása igen nagy, azonos körülmények között (kWh-ban kifejezve) majdnem kétszeres a kondenzációs turbinához viszonyítva.

Az egyszerűsége miatt ez a berendezéstípus rendkívül előnyös fűlüzemi laboratóriumokban, elszigetelt területek áramellátására, illetve fejlesztés alatt álló mezők és kutak tesztelésére. Az atmoszférikus blokkok további előnye, hogy általában külső energiaforrás nélkül is beindíthatóak, mivel az egyetlen fontos kiegészítőt (a kenőrendszer olajszivattyúját) egy kis gőzturbinával is meg lehet hajtani.

Alkalmazzák akkor is, ha a gőz gáztartalma magas (>12 tömegszázalék) és nem cseppfolyósítható. Az atmoszférikus erőmű rövid idő alatt telepíthető. Ezt a típust rendszerint 2,5-5 MW teljesítménnyel gyártják.

Kondenzációs turbina. Ez az üzemtípus a leggyakrabban használt módszer a geotermikus energiatermelésben, mely az ellennyomásos működési elv termodinamikai továbbfejlesztése. Ahelyett, hogy a gőzt a turbinából a légkörbe engednék ki, egy kondenzációs kamrába vezetik, amely nagyon alacsony (általában kb. 0,1 bar) nyomáson üzemel.

Azáltal, hogy a kondenzációs turbinán nagyobb nyomással megy át a gőz kb. kétszerannyi energia termelhető adott gőzáram esetén azonos bemenő feltételek mellett, mint az ellennyomásos turbina esetében. Azonban a rendszerhez szükséges kondenzátor, az ehhez tartozó hűtőtorony és szivattyú jelentősen megnöveli az erőmű költségeit. Emellett, a hűtővíz-szivattyúk és a hűtőtorony ventillátorai is áramot igényelnek, így az erőmű saját energiaigénye kb. 4,6%-a a bruttó energiatermelésnek.

2.2. A kétciklusú erőművek jellemzői és alkalmazása

Villamos áram fejlesztése alacsony és közepes hőmérsékletű geotermikus forrás felhasználásával a kétciklusú technológia kifejlesztésével vált lehetővé. A kétciklusú

erőművek másodlagos munkafolyadékot használnak, mely rendszerint szerves folyadék (jellemzően n-pentán), ami alacsony forráspontú, és alacsony hőmérsékleten magas nyomású a vízgőzhöz viszonyítva.

A másodlagos folyadék az ún. Rankine-Clausius körfolyamat szerint működik: a geotermikus folyadék a hőcserélőben melegíti fel a másodlagos folyadékot, amelyben az elpárolog. A termelt gőz egy normál axiális áramlású turbinát hajt meg, majd lehűl, lecsapódik és körfolyamat újra kezdődik.

A kétciklusú erőművek rendszerint kis modulokból épülnek fel, néhány kW-tól néhány MW elektromos teljesítményig. A blokkok több tíz megawattos erőművé is összerakhatók. A modul rendszer jelentős megtakarítást tesz lehetővé a fajlagos költségekben. A 170°C alatti geotermikus mező esetén ez a technológia az elektromos energia termelésének megbízható eszköze.

A kétciklusú erőművek számára kifejlesztett ún. Kalina körfolyamattal tovább növelhető a hatékonyság. Ebben munkafolyadékként víz-ammónia keveréket használnak. A folyadékot nagynyomású turbinával túlhevített állapotba hozzák, majd ezután az alacsony nyomású turbinába lépés előtt ismét felmelegítik. A második expanzió után a telített gőz a hővisszanyerőn megy keresztül, mielőtt lecsapódik a vízhűtésű kondenzátorban.

Bár a kétciklusú erőművek alapvetően az alacsony hőmérsékletű alkalmazási területeken ideálisak, alkalmanként magasabb hőmérsékletű esetben is használják, a piaci igényeknek megfelelően. A kombinált körű koncepciónál hagyományos ellennyomásos gőzturbinát használnak lepárló ciklusként, melynek használt gőze egy kondenzátorba távozik, ami egy kétciklusos erőmű belépő hőcserélője lesz. Ennek következtében a kétciklusos egységet a saját hőmérsékleti tartományának megfelelően használhatjuk annak érdekében, hogy a ciklusból további hőt vonjunk ki. Az ellennyomásos turbina kondenzációs nyomását légköri nyomás felett tarthatjuk, így a gázkivonáshoz nincs szükség szivattyúra. A nedves gőztartományban leválasztott folyadékkal – kétciklusú modulok beiktatásával – további energia nyerhető ki.

2.3. Kútfej egységek, kis erőművek

A kútfej egységek a termelő kútak közelében helyezkednek el, és általában egy, vagy néhány termelő kútból származó forró víz, vagy gőz táplálja őket. Számos sajátosságban különböznek a központi geotermikus erőművektől.

Egyrészt a kútfej egységek bruttó teljesítménye általában kevesebb, mint 10MW, másrészt a kútfej termelő egységeknek nagyon rövid gőzcsöveik vannak, míg a központi geotermikus erőművek jellemzően hosszú, összekötő csőhálózattal rendelkeznek, hogy a gőzt a különböző kútblokkokból a központi egységbe szállítsák.

A kútfej termelő üzemek moduláris felépítésűek. Általában a turbógenerátorokat egyetlen csúszó talpra komplett egységként szerelik. A moduláris egységek alkalmazása azzal az előnnyel is jár, hogy az elemek működése, csatlakozásának pontossága közvetlenül a gyártás után tesztelhető. Ezzel jelentősen csökkenthető az üzembe helyezés előtti ellenőrzéshez, a beindításhoz, és hibakereséshez szükséges idő.

A kisméretű (hordozható) atmoszférikus kibocsátású szabványos egységek a megrendeléstől számított egy éven belül felállíthatóak, és rögtön alkalmasak az

energiatermelésre. Továbbá, ezek az egységek szükség esetén egy-két hónap alatt áthelyezhetőek egy új kúthoz. Ezzel szemben egy központi erőmű üzembe helyezéséhez, új feltárású, nem ismert geotermikus mező esetén, az első kút fúrásától a termelés beindításáig átlagosan 6-7 évre van szükség.

3. GAZDASÁGOSSÁGI MEGFONTOLÁSOK

A geotermikus erőmű létesítésére és üzemeltetésére irányuló projektek esetén számos tényezőt kell figyelembe venni, amelyek jelentősen különbözhetnek az egyes beruházások esetén. Ezek egyrészt az energiaforrás (termál kút) fizikai jellemzőitől (elsősorban hőmérséklettől és a vízhozamtól), másrészt a finanszírozási lehetőségektől, a helyi adó- és támogatási rendszertől függenek.

A kiadások többsége a kezdeti beruházás kapcsolódik (kutatás, fúrás, erőmű felépítése, a termálvíz és a megtermelt villamos áram szállítására szolgáló vezetékek kiépítése), míg a bevételek a mindenkori piaci helyzettől és szabályozóktól függenek, továbbá azoktól a járulékos bevételektől, melyek a villamos energia előállítása során keletkező hulladék víz hasznosításából adódnak (pl. távfűtés, növénytermesztés, haltenyésztés).

A geotermikus beruházások igen összetettek, és számos olyan elemet tartalmaznak, melyekkel kapcsolatban nem lehet teljes körű információt szerezni, kezdve a kiaknázandó geotermikus mező jellemzőitől az energiapiac alakulásáig.

Geotermikus beruházás esetén a következő fő költség típusokkal kell számolni:

- Geotermikus kutatások: a megfelelő geotermikus mező megkeresése (kutatás, fúrások, a tározók jellemzőinek elemzése, geológiai és talajviszonyok vizsgálata).
- Az alkalmaznak ítélt geotermikus mező előkészítése: utak, a kitermelési eszközök telepítéséhez szükséges infrastruktúra kiépítése.
- Kutak és a termálvizet szállító csőhálózat kiépítése.
- Az erőmű és a kapcsolódó elektromos hálózat kiépítése.
- Működési költségek.
- Koncessziós díjak, adók, járulékok.
- Egyéb járulékos költségek: kárelhárítás, környezet helyreállítása, kártérítések.

Geotermikus beruházás esetén legalább 40 év futamidővel kell számolni. A kutatás, feltárás, a tározó kialakítása, az erőmű, a vizet és a villamos energiát szállító hálózat kiépítése több évet is igénybe vehet a projekt méretétől függően. Termelés csak ez után kezdődhet.

A geotermikus mezőből nyerhető energia véges, és a kitermelés üteme is korlátozott a geotermikus tározó méretétől, hőmérsékletétől, a tározót körülvevő geológiai viszonyoktól függően. A kitermelés korlátait is figyelembe véve, a befektetésnek addig kell megtérülnie, míg a forrás működőképes.

A jövedelmezőség jelentősen növelhető a különböző felhasználási módok kombinálásával. Az erőművekből távozó használt meleg víz számos területen hasznosítható, és a kitermelt termálvízben lévő értékes anyagok kivonásával is többletbevételekre lehet szert tenni.

A megtermelt villamos energia fajlagos költsége több tényező függvénye.

A geotermikus tározó hőmérséklete. Az elektromos energia előállításának

hatékonysága erősen függ a kútból kitermelt víz/gőz hőmérsékletététől. A 2. táblázat egy 63 kg/s hozamú kútra vonatkozó adatokat tartalmazza 125°C, 150°C, 200°C és 250°C hőmérséklet esetén. (A referencia erőmű: kétciklusú kör izobután munkaközeggel.)

Hőmérséklet a kútfejnél	125°C	150°C	200°C	250°C
Entalpia (termál) (MW)	22,0	27,7	39,2	51,5
Exergia (termál) (MW)	3,04	4,59	8,49	13,5
Nettó villamos energia (MW)	0,8	1,5	3,2	4,6
Hatékonyság (%)	26,3	32,7	37,7	34,1

2. táblázat Egy 63 kg/s hozamú kútra vonatkozó adatok

A 125°C-ra és a 250°C-ra vonatkozó adatokat összehasonlítva az entalpia 2,3-szeres, az exergia 4,4-szeres, a nettó (az erőmű saját fogyasztásával csökkentett) villamos energia termelés 5,7-szeres. Az előállított villamos energia egy egységének költsége 250°C esetén harmadannyi, mint 125°C esetén.

A kút hozama. Alacsony kitermelési hőmérséklet esetén a fajlagos költség érzékenyebb a vízhozamra, mint magas hőmérsékleten, mivel a hőmérséklet növelésével gyorsan növekszik az energiaátalakítás hatékonysága. Adott kitermelési hőmérséklet esetén a kinyerhető villamos energia mennyisége arányos a vízhozammal (lényegében a kutak számával). Nagyobb vízhozam igényű erőmű esetén a kitermelési és vízszállítási költségek növekednek, hiszen nagyobb átbocsátóképességű szivattyúkat, vezetékeket kell használni, és több kút esetén a szállítási távolság is nagyobb.

A vízhozam növelhető különféle technikákkal: közetrepesztés, átmosás, szivattyúzás, kút tisztítása, de ezek többlet költséggel járnak, így alkalmazásuk csak gazdaságossági elemzés után célszerű.

Az erőmű kapacitása. A nagy kapacitású erőművek előnye, hogy a szükséges funkciók egy-egy nagyméretű komponens beépítésével megvalósíthatók (például elegendő egy hűtőtorony, egy hálózati kapcsolódási pont), így jelentős megtakarítás érhető el a beruházás során a működés során megtermelt energia egységére vonatkoztatva. A nagy erőműveknek azonban hátrányaik is vannak. A szükséges forró gőz/víz hozam csak sok kútból, nagyterjedésű geotermikus mezőből termelhető ki, ami hosszú vezetékrendszert igényel, aminek telepítése és üzemeltetése jelentős kezdeti befektetéssel és költséggel jár.

Kis kapacitású erőművek üzemeltethetőek néhány kútról, így a termálvíz biztosításhoz szükséges infrastruktúra kezdeti költsége kisebb, a kiépítés gyorsabb és a beruházáshoz szükséges tőke is könnyebben előteremhető. Hátrányuk viszont, hogy minden egyes funkciót ki kell építeni a mérettől függetlenül, továbbá a sok kis erőműnek a hálózatba kapcsolása technikailag sokkal bonyolultabb és költségesebb.

A tapasztalatok szerint 50MW-ig a fajlagos költségek gyorsan csökkennek a kapacitás növelésével. Ezen a kapacitáson felül csak jó minőségű forrás esetén csökkenthető a fajlagos költség a kapacitás növelésével. Rossz minőségű forrás esetén az optimális kapacitás az 50-100MW tartományban van.

Az energiaátalakítás hatékonysága. Az energiaátalakítás hatékonyságának növelésével ugyanakkora elektromos teljesítmény leadásához kisebb hozamra van szükség, ami a beruházási és az üzemeltetési költségeket egyaránt csökkenti. A hatékonyság elsősorban a hőveszteség csökkentésével, valamint korszerűbb turbina, illetve generátor beépítésével érhető el.

Terhelés. Mivel a geotermikus forrásból nyert villamos energia költségének jelentős része fix költség (döntően a beruházás, infrastruktúra kiépítés költségei), az erőmű leterheltségének jelentős hatása van a megtermelt energia fajlagos költségére. A jövedelmezőség növelése érdekében ezért – az adott technológia mellett elérhető – legnagyobb terhelést kell elérni a potenciális felhasználókkal kötött szerződésekkel.

4. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Geothermal energy: utilization and technology, edited by Mary H. Dickson and Mario Fanelli, UNESCO, 2003, ISBN 92-3-103915-6
- [2] Sourcebook on the Product of Electricity from Geothermal Energy, edited by Joseph Kestin, Brown University, Rhode Island, 1980
- [3] International Geothermal Association, 2001. Report of the IGA to the UN Commission on Sustainable Development, Session 9 (CSD-9), New York, April 2001.
- [4] Hudson, R. B. 1988. Technical and economic overview of geothermal atmospheric exhaust and condensing turbines, binary cycle and biphasic plant. Geothermics, Vol. 17. pp. 51-74.

ELECTRICITY GENERATION WITH GEOTHERMAL POWER PLANTS

The geothermal energy can in many cases be used to generate electricity. It is the most important form of utilization of high-temperature geothermal resources. There are various types of conventional power plants that can operate with geothermal fluid, and that plants designed and constructed specifically for geothermal fluids have now been thoroughly tried and tested and that their efficiency is satisfactory. The paper shows that electricity of geothermal origin can be competitive compared to electricity produced from conventional fuels, provided that we are well aware of the particular characteristics this form of energy and its constraints. The economic considerations are based primarily on conventional atmospheric exhaust or condensing steam turbines. However, the principles apply similarly to binary or biphasic plants.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a 108-F-1sz. „Optimization of geothermal heating systems” c.– az EGT és a Norvég Alap által finanszírozott – projekt keretében valósult meg.

